

Univerzita Karlova v Praze

Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Biologie

Studijní obor: Učitelství biologie pro SŠ (dvouoborové)



Bc. Ivana Petrová

Implementace nových poznatků do biologického vzdělávání na modelovém příkladu
kmenových buněk

Implementation of new findings to biology classes - the example of stem cells

Diplomová práce

Vedoucí závěrečné práce/Školitel: Doc. PaedDr. RNDr. Milada Švecová, CSc

Praha, 2012

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval/a samostatně a že jsem uvedl/a všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze 25. 4. 2012

Podpis

Na tomto místě bych chtěla poděkovat v první řadě Doc. PaedDr. RNDr. Miladě Švecové, CSc. za čas, který mi věnovala a za cenné odborné rady a připomínky, které přispěly ke vzniku této diplomové práce. Další poděkování patří Bc. Evě Matuškové za nezávislé pilotní ověření didaktické hry na Arcibiskupském gymnáziu. Svým blízkým bych ráda poděkovala za podporu, inspiraci a pochopení.

Abstrakt

Diplomová práce navazuje na práci bakalářskou. Hlavními cíli bakalářské práce bylo postihnout současné trendy ve tvorbě a využívání pluripotentních kmenových buněk a představit spektrum hlavních názorových proudů s ohledem na tvorbu a využívání pluripotentních kmenových buněk. Na tomto modelovém příkladu byla integrována přírodovědné a humanitní složky vzdělávání a pluripotentní kmenové buňky byly pojaty jako průřezové téma.

Mezi cíle práce diplomové patří vytvoření presentace v programu PowerPoint, jako výukového materiálu, který by studentům středních škol poskytl přehledné základní informace o možnostech tvorby a využívání pluripotentních kmenových buněk. Dále byla vytvořena didaktická hra s využitím modifikovaných materiálů evropského projektu PlayDecide. Pomocí této hry by si měli studenti osvojit základní poznatky týkající se pluripotentních kmenových buněk, vytvořit si svůj vlastní názor na tuto problematiku a etické otázky s ní spojené. Hra by měla studenty přivést dokonce i k tomu, aby byli schopni své názory obhájit a uvědomit si důsledky, které z jejich rozhodnutí vyplývají. Didaktická hra PlayDecide byla pilotně ověřena.

Abstract

The aim of this study is to collect the recent data about the establishing the lines of pluripotent stem cell and the usage of these cells for biomedical purposes. On this example, we integrated the education in life science and social science. Pluripotent stem cells were used as a key topic.

During our project, we completed the PowerPoint presentation which provides the elementary knowledge on the method for establishing of pluripotent cell lines and the usage of these cells for biomedicine. We created the Czech version of didactic game PlayDecide based on the European Union project. Based on the experiences from this didactic game, the students will learn basic information on pluripotent stem cells and their usage in biomedicine. Students will establish their own opinion on ethical aspects of this topic. Students could be able to defend their opinion and to acknowledge all problems which stem from the suggested solutions. We tested this didactic game in schools.

Klíčová slova: kmenová buňka, pluripotence, embryo, didaktická hra, etická otázka

Key words: stem cell, pluripotency, embryo, didactic game, ethical topic

Obsah

| | |
|--|----|
| 1. Úvod | 7 |
| 2. Rozvoj biologických oborů v kontextu inovací obsahu biologického vzdělávání..... | 8 |
| 2.1 Modelové příklady pro inovaci biologického učiva na středních školách..... | 8 |
| 2.2 Pluripotentní kmenové buňky v učivu biologie na středních školách | 10 |
| 2.3 Didaktická hra jako vyučovací metoda při výuce pluripotentních kmenových buněk | 19 |
| 2.5. Hodnocení postojů..... | 20 |
| 2.4. Projekt PlayDecide | 21 |
| 3. Integrace vzdělávacích oblastí v biologickém vzdělávání..... | 21 |
| 3.1. Názory na počátek lidského života a na problematiku pluripotentních kmenových buněk | 22 |
| 3.2.1. Právní regulace v některých zemích | 34 |
| 4. Materiál a metody..... | 37 |
| 5. Výsledky | 40 |
| 6. Diskuse..... | 52 |
| 7. Závěr | 56 |
| 8. Použitá literatura..... | 57 |

1. Úvod

V poslední době se biologie jako věda rozvíjí tempem přímo bleskovým. Objev struktury DNA dal vzniknout oborům, které by před rokem 1953 vypadaly spíše jako z románů science fiction. Rovněž technický pokrok umožňuje stále nové metody výzkumu. Množství poznatků, které nám biologie v poslední době přináší, je obrovské. Nově vznikající, nebo dramaticky se rozvíjející obory vyplňují mezery mezi obory stávajícími a oblasti jejich zájmů se postupně začínají prolínat (Švecová, 2005). Obor molekulární biologie zasahuje do mnoha oblastí. Umožňuje rozvoj genetiky, mikrobiologie ale i systematických oborů, jako je botanika nebo zoologie. Nové poznatky se uplatňují v praxi v oblasti lékařství nebo kriminalistiky. A nedochází pouze k integraci v oblasti přírodovědných předmětů. Nové možnosti přírodovědných a technických oborů nastolují dosud nečekané otázky i v oblasti humanitních věd. Například klonování a genetické modifikace s sebou přináší celou řadu etických problémů, jejichž řešení zasahuje do oblasti filosofie.

Z tohoto je zřejmé, že se nové oblasti výzkumu v přírodních vědách stávají stále více součástí běžného života a je proto nezbytné, aby s nimi byli studenti seznámeni. Biologie jako vyučovací předmět se ovšem nerozvíjí zdaleka tak rychle a za biologií – vědou značně zaostává. Množství nových poznatků, které přinášejí vědecké a odborné časopisy z celého světa lze do stávajícího učiva vtěsnat jen velmi těžko (Ziegler, 2000). Jednou z nejbouřlivěji se rozvíjejících problematik je otázka tvorby a využití pluripotentních kmenových buněk. Z etického hlediska patří tato otázka k nejkomplikovanějším a nejvíce kontroverzním.

Cíle práce:

- 1) postihnout rozpor mezi rozvojem biologie jako vědy a vnímáním tohoto pokroku veřejností, včetně reakce biologie jako vyučovacího předmětu. Pro tyto účely bude jako modelový příklad využita tematika pluripotentních kmenových buněk.
- 2) na modelovém příkladu pluripotentních kmenových buněk se pokusit o integraci přírodovědné a humanitní složky vzdělávání.

- 3) vytvořit prezentaci v programu PowerPoint, jako výukový materiál pro studenty středních škol.
- 4) vytvořit didaktickou hru s využitím modifikovaných materiálů evropského projektu PlayDecide.
- 5) didaktickou hru PlayDecide pilotně ověřit.

2. Rozvoj biologických oborů v kontextu inovací obsahu biologického vzdělávání

Rychlý rozvoj vědy v posledních desetiletích s sebou přináší problémy s inovací biologického vzdělávání. Donedávna kurikulum obsahovalo ucelený systém encyklopedických znalostí a dovedností, které byly předkládány žákům a studentům na našich školách. Systém se vyvíjel poměrně pomalu, protože pomalu se vyvíjela i věda. S dnešními zvraty a průlomů, kterých věda dosahuje, přichází i nutnost inovace vzdělávacího kurikula. Již nestačí, aby si žáci a studenti odnesli ze školy soubor informací. Je nezbytné, aby si žáci odnesli i schopnosti se získanými informacemi pracovat, hledat mezi nimi souvislosti a propojovat znalosti z různých oblastí. Tempo rozvoje poznání je natolik rychlé, že si žáci v praxi nevystačí pouze s informacemi získanými ve škole. Proto je nezbytné rozvíjet klíčové kompetence. Vzdělávání bude vědu následovat vždy poněkud s odstupem, protože není možné určit, jakým směrem se bude dále vývoj ubírat. (Ziegler, 2000)

Národní kurikulum nepopisuje obsah učiva do podrobností, vymezuje pouze základní okruhy a požadavky a specifikuje výstupní cíle. Naproti tomu školní kurikulum si vytváří vyučující na každé jednotlivé škole sami. Tento systém má jistě své výhody i nevýhody. Mezi pozitiva ale jednoznačně patří možnost začlenění novinek z vědy do vzdělávání samotným pedagogem (Švecová, 2005). Aby bylo možné studentům nové informace předkládat, je zároveň nezbytné poskytnout pedagogům další vzdělávání ve formě doplňujících kurzů, seminářů a přednášek.

2.1 Modelové příklady pro inovaci biologického učiva na středních školách

Vlna pokroku dnes zasahuje do většiny vědních oborů. Mezi obzvláště dynamicky se rozvíjející patří například molekulární biologie, ekologie, genetika a

jejím vlivem zaznamenává dramatický vývoj téměř každým dnem i systematická biologie. Dochází k překryvům oblastí zájmů jednotlivých oborů, jejich prolínání a integraci. Na rozhraní těchto oborů vznikají často obory úplně nové a často velmi zajímavé. Biochemii kombinující poznatky z chemie a z biologie všichni známe již dlouho. O dalších, jako je třeba bioetika na rozhraní biologie a filosofie, se veřejnost teprve dozvídá. Mezi předměty zájmu bioetiky patří právě i problematika kmenových buněk a jejich příslib pro léčbu závažných chorob na jedné straně a řadu etických problémů na straně druhé.

Stále větší pozornost badatelů, i laické veřejnosti vyvolávají embryonální kmenové buňky a jejich potenciál pro léčbu závažných chorob takzvanou buněčnou terapií. Na začátku roku 2012 byly publikovány první výsledky ověřovacích testů experimentální léčby závažné oční choroby, tzv. makulární degenerace. Výsledky jsou zatím poměrně čerstvé, ale už teď lze říci, že vyhlídky jsou povzbudivé (Schwartz, 2012).

Tyto převratné okamžiky ve vědě ovšem vnímá společnost jen okrajově. Naproti tomu práce Iana Wilmuta vyvolala bouřlivý ohlas. Ian Wilmut vložil do enukleovaného ovčího ovocyту jádro somatické buňky. Výsledkem bylo narození věhlasné ovečky Dolly (Wilmut, 1997). Společnost k tomuto vědeckému počínu zaujala opravdu nejrůznější stanoviska.

Dalším z důvodů, proč embryonální kmenové buňky vnímá společnost jako kontroverzní, může být i aféra korejského biologa Woo Suk Hwanga. Tento vědecký skandál proběh nejrůznějšími médii po celém světě. Jihokorejský vědec publikoval v prestižních časopisech několik článků týkajících se tvorby lidských embryonálních kmenových buněk. Výsledky se ovšem nakonec ukázaly jako zfalšované a kdysi slavnému a nadějnému vědci hrozí vězení.

Názory populace na tuto problematiku tvoří celou škálu od nadšeného nekritického přijetí až po naprostý odpor. Společnost na jedné straně upíná ke kmenovým buňkám své naděje, ale neuvědomuje si, že výzkum ještě není tak daleko a kmenové buňky zatím nejsou připraveny pro masivnější použití. Léčba pomocí kmenových buněk je zatím pouze ve stádiu experimentů. Mnohá onemocnění navíc nebudou léčitelná s pomocí kmenových buněk asi nikdy. Klasickými příklady nerealistických nadějí je léčba Parkinsonovy a Alzheimerovy choroby. Další část

populace léčbu kmenovými buňkami odmítá. S největším nesouhlasem se setkávají embryonální kmenové buňky právě kvůli svému původu. Vatikánská kongregace pro doktrínu víry vyslovila otevřený nesouhlas s tvorbou embryonálních kmenových buněk.

Tempo, jakým se vyvíjí výzkum kmenových buněk, je ohromující. V problematice se tedy není jednoduché orientovat. Přesto právě dostatek podložených informací je nezbytný pro to, aby si jedinec mohl vytvořit vlastní názor na tvorbu, výzkum a využití embryonálních kmenových buněk. Nesmíme zapomínat ani na kulturní a historické a náboženské vlivy, které se do našich názorů pochopitelně promítají.

2.2 Pluripotentní kmenové buňky v učivu biologie na středních školách

Problematika kmenových buněk je na střední škole prozatím opomíjena. Přestože se jedná o perspektivní oblast biologie, je jejich absence ve školních kurikulech poměrně snadno pochopitelná. Zatímco objem poznatků z biologie se neustále zvětšuje, hodinové dotace zůstávají stejné. Ve stávajících gymnaziálních učebnicích není učivo zabývající se problematikou pluripotentních kmenových buněk zahrnuto. Integrace do školních vzdělávacích programů je také velmi omezená. Pro pedagogy není snadné držet krok s nejnovějšími objevy ve vědě a studium odborné literatury je náročné

Seznámení studentů s problematikou kmenových buněk by bylo nejvhodnější zařadit do gymnaziálních kurikul. Je rovněž nezbytné, aby měli studenti již zvládnuty oblasti biologie nutné k pochopení tohoto tématu. Konkrétně se jedná o vzdělávací oblasti Člověk a příroda, jejíž součástí je anatomie a fyziologie člověka a genetika (Čížková, 2004). Velmi výhodné by bylo přistoupit k tématu pluripotentních kmenových buněk právě na závěr tématu genetika. Studenti by takto měli možnost na konkrétních příkladech aplikovat získané vědomosti. Za stejným účelem by bylo možné zvolit i téma například geneticky modifikovaných organismů. Téma je vhodné zvolit hlavně s ohledem na zájmy a plánovanou specializaci studentů. Uváděná témata jsou probírána obvykle ve třetím ročníku čtyřletých gymnázií, nebo v sedmém ročníku gymnázií osmiletých. V této době již studenti mají zpravidla představu o svém dalším vzdělání a budoucím povolání. Výběr tématu je možné přizpůsobit podle jejich potřeb. V současné době má poměrně velký počet studentů

zájem o studium medicíny. Pro tyto studenty by byla oblast kmenových buněk pravděpodobně zajímavá a přínosná.

Dalším aspektem, který je nutné při výběru tématu zvážit, je návaznost zvoleného tématu na další témata a okruhy v kurikulu (Altmann, 1975). Téma genetických modifikací velmi úzce souvisí s průřezovým tématem Environmentální výchova. Téma pluripotentních buněk pro změnu nabízí souvislosti s obory společenských věd, jako například téma Osobnostní a sociální výchova, konkrétně okruh Morálka všedního dne.

Na příkladu pluripotentních kmenových buněk je možné názorně předvést integraci humanitní a přírodovědné složky vzdělávání. Pluripotentní kmenové buňky v sobě totiž skrývají jak komplikovanou problematiku biologického, tak i etického rázu. Dále je možné studentům na tomto příkladu předvést, jak by měli postupovat při tvorbě vlastního názoru a hledat odpovědi na složité etické otázky. Je třeba klást důraz na to, že je při tvorbě vlastního názoru třeba jít za rámec deskriptivní etiky, která se omezuje na popis mravních rozhodnutí a hodnot a toho, jak jsou zdůvodňována v konkrétních společnostech (Thompson, 2004). Studenti sice mohou převzít informace z nejrůznějších zdrojů, jsou však značně odlišné od vlastního etického stanoviska. Studenty je třeba vést k tomu, aby využili deskriptivní etiku jako předstupně k normativní etice, která se zabývá normami a hodnotami, na jejichž základě je již možné zaujmout stanovisko ke konkrétnímu etickému problému (Thompson, 2004).

Studenti si obvykle uvědomují, že správný úsudek si mohou vytvořit pouze na základě správných faktů. Bez problémů berou v úvahu i etické hodnoty a normy a formulují svůj názor. Často ale nejsou schopni uvést, jak ke svému názoru došli. Velké problémy mívají s tím, aby si uvědomili, co z jejich závěrů vyplývá a co s sebou jejich rozhodnutí nese (Mareš, Krivohlavý, 1995). Na konkrétním příkladu embryonálních kmenových buněk mají studenti problém se vypořádat například s faktem, že část společnosti považuje jejich tvorbu za nepřijatelnou z náboženských důvodů, protože podle jejich přesvědčení je embryo člověkem již od okamžiku oplození. Nebo naopak se situací, kdy z etických důvodů léčbu zavrhneme a připravíme o naději nemocné, kteří by díky této léčbě měli šanci na uzdravení.

Často studenty nenapadne, že ze stejných informací je možné vytvořit několik různých závěrů. Vhodnou vyučovací metodou, která studentům umožní seznámit se s etickými závěry ostatních je diskuse. Během ní musí vytvářet vhodné argumenty, kterými by svůj názor podložili a uvědomí si, co všechno z jejich názoru vyplývá. Pokud v argumentaci student udělá chybu, je třeba, aby si uvědomil, jak k ní došlo. (Thompson, 2004)

Netradiční možností, jak zorganizovat diskusi na téma kmenových buněk, nabízí evropský projekt PlayDecide (www.playdecide.eu). Hra umožňuje studentům seznámit se s postupy správné etické argumentace a správnému postupu při tvorbě vlastního názoru. Poskytuje studentům ucelené výchozí informace a vede je k systematickému postupu od premis k závěrům. Ve výsledku by měl být student schopen vyhodnotit správné řešení a uvědomit si jeho důsledky. (Maslowski, 1990)

Jak se vyvíjí savčí embryo?

Savčí vajíčko je při ovulaci uvolněno z vaječníku a nálevkovitým vejcovodem putuje směrem k děloze. Není ještě úplně zralé (výjimku tvoří pouze psovitě šelmy). Během své cesty může být oplodněno spermií, která nese druhou polovinu genomu nutného ke vzniku životaschopného jedince. Úplně vajíčko dozrává právě až po vniknutí spermie a o 24 hodin později se již začíná dělit (Gilbert a Singer, 2006).

Embryo je brvami ve vejcovodu posouváno směrem do dělohy a cestou se dále dělí. Při každém dělení se počet buněk v embryu zdvojnásobí. Když vajíčko dosáhne stádia se šestnácti buňkami označovaného jako morula, některé buňky se nachází na okraji útvaru, zatímco jiné už v kontaktu s vnějším prostředím nejsou. V tomto okamžiku mají svou pozici předurčen další osud. Buňky vnější vrstvy se nebudou podílet na tvorbě samotného dospělého organismu. Jejich úloha je ale velmi důležitá. Budou zprostředkovávat výměnu kyslíku a živin mezi matkou a plodem, budou součástí placenty. Tyto buňky se označují jako trofoblast. Jejich úkolem je i podat mateřskému organismu jakousi chemickou zprávu, která umožní zahnízdění do sliznice dělohy. Tuto akci umožňují i enzymatickým rozvolněním tkáně v děloze.

Samotný jedinec vznikne z buněk, které se v morule nachází uvnitř. Jeho zárodečné obaly jsou také tvořeny z vnitřních buněk. V angličtině se tyto buňky označují jako inner cell mass (ICM) – vnitřní buněčná masa.

Dalším stádiem vývoje je blastocysta. Vzniká tak, že do vnitřního prostoru je buňkami trofoblastu vylučována tekutina, takže se celá blastocysta nafukuje. Nakonec je tlak buněk tak veliký, že pevný vaječný obal (zona pellucida) napětí nevydrží a praskne. Teprve teď je embryo připraveno implantovat se do dělohy. Funkcí zony pellucidy je celá řada. Její funkce začíná už v okamžiku navázání spermií a končí ochranou před implantací zárodku někde cestou do dělohy.

Co všechno buňky umí?

Embrya do stádia osmi buněk jsou schopny doslova všeho. Umí vytvořit jak trofoblast, tak i buňky ICM, které se mohou dále diferencovat na buňky zárodku nebo zárodečných obalů. Jsou schopny pokračovat ve vývoji, pokud je některá z buněk embrya odstraněna a ve zdravého jedince se může vyvinout i jen jediná izolovaná blastomera (Chan et al. 2000). Buňky se podle svých schopností nazývají totipotentní.

V okamžiku, kdy dojde k rozdělení embrya na vnější a vnitřní buněčnou masu, buňky totipotenci ztrácí. Trofoblast již není schopen tvořit tkáň zárodku. ICM si naopak mnohé ze svých schopností ponechává. Dále je schopna tvořit všechny typy buněk s výjimkou již zmiňovaného trofoblastu. Buňky jsou schopny mnohého. Z toho také vychází jejich pojmenování latinského původu. Tyto buňky označujeme jako pluripotentní.

S další specializací buňky ztrácí i pluripotenci, ale řada z nich je schopna dát vzniknout novým kmenovým buňkám, nebo se specializovat na užší spektrum buněčných typů. Tyto buňky označujeme jako multipotentní – jsou schopny několika věcí.

Poslední kategorií buněk jsou buňky unipotentní. Tyto buňky fungují jako základní surovina pro vznik konkrétního typu buněk. Klasickým příkladem jsou buňky ve varlatech, které dávají vzniknout spermiím.

Kmenové buňky mají jednu zvláštní vlastnost, která je typická pouze pro ně. Všichni jsou již od střední školy seznámeni třeba s dělením primárního spermatocyту na dva sekundární spermatocyty, ze kterých posléze vznikají čtyři spermie. Všechny nově vzniklé buňky jsou si rovny. Kmenové buňky se v této situaci chovají úplně jinak. Je pro ně typické takzvané asymetrické dělení. Při něm vznikne z mateřské

buňky jedna dceřiná buňka s vlastnostmi mateřské. Ta zůstává dále k dispozici v tvz. nice kmenových buněk, která funguje jako určitá jejich zásobárna. Druhá dceřiná buňka má úplně jiné vlastnosti a niku opouští. Tato buňka bývá v odborné literatuře označována jako committed stem cell (Gilbert a Singer, 2006; Pollard et al., 2008). Committed stem cell se dále dělí a specializuje. Její dceřiné buňky už vlastnosti kmenových buněk ztrácí, i když jsou dále schopny diferencovat se. Na výběr však mají již jen z malé škály buněčných typů a jejich specializace je závislá na okolních podmínkách (Gilbert a Singer, 2006).

Praktické využití kmenových buněk

Již v současné době se v některých léčebných postupech využívají schopnosti kmenových buněk. Příkladem, který je vcelku dobře znám i laické veřejnosti, je například transplantace kostní dřeně. Pacientovi s poškozenými krvetvornými buňkami, ať už nemocí, radioaktivním zářením nebo třeba chemoterapií, mohou být transplantovány buňky vhodného dárce. Ty potom zajistí krvetvorbu. Zárok s sebou ovšem nese celou řadu problémů od obtížného hledání vhodného dárce, přes získávání tkáně pro transplantaci až po možnost kontaminace buněčného materiálu lymfocyty dárce, které posléze mohou napadnout organismus pacienta. Efektivitu postupu by výrazně zvýšila transplantace pouze čisté masy krvetvorných buněk (Pollard et al., 2008).

Letošní novinkou jsou výsledky klinických testů provedených Robertem Lanzou a jeho týmem. Dvěma pacientkám se závažnou oční chorobou tvz. makulární degenerací přinesly embryonální kmenové buňky novou šanci. Makulární degenerace je závažná oční choroba, při které odumírají světločivné buňky v oční sítnici. Degenerace světločivných buněk bývá zpravidla soustředěna hlavně do oblasti žluté skvrny, místa největší koncentrace světločivných buněk, které zajišťují nejostřejší vidění. Latinsky se tato skvrna nazývá makula lutea, odtud pochází název nemoci.

Z embryonálních kmenových buněk lékaři vypěstovali světločivné buňky pacientkám přímo na míru a implantovali je do oka. Před operací měly obě ženy ještě zbytky zraku, ale prakticky byly slepé. Šance na samovolné zlepšení zraku u makulární degenerace bohužel není.

Přes velké obavy z imunitní reakce nebo nádorového bujení nakonec lékaři i pacientky slavili úspěch. U obou žen nastalo prokazatelné zlepšení. Při zkušebním testu spočívajícím ve čtení různě velkých písmen nepřečetla jedna z žen před zákrokem nic. Několik týdnů po něm přečetla pět největších typů písmen a zrak se jí prozatím dále zlepšuje. Pochopitelné je, že zrak obou žen nebude asi nikdy dosahovat kvalit zdravého člověka, pro jejich každodenní život to ale bude velký krok k lepšímu. Svou roli hraje nejen to, že celá procedura je zatím velmi čerstvá, ale i to, že ženy již trpěly opravdu pokročilou degenerací oční sítnice (Schwartz, 2012).

Typy pluripotentních kmenových buněk

Schopnost diferencovat se na jakýkoliv typ tělních buněk mají bezpochyby buňky z raných předimplantačních stádií embryí. O pluripotenci dalších se vedou mezi vědci spory. Některé buňky, které jsou v těle multipotentní (schopné diferencovat se na více, ale ne všechny typy tělních buněk), se totiž v laboratorních podmínkách mohou projevovat spíše jako pluripotentní (Wagers et al., 2002). I toto je ovšem velmi zajímavé zjištění. Multipotentní kmenové buňky získané z dospělého organismu by mohly být v laboratoři ve vhodných podmínkách přeškoleny na pluripotentní (Adjaye et al., 2008).

Dospělé kmenové buňky

Ve tkáních dospělého jedince se vyskytují buňky, které umožňují regeneraci inkriminovaných tkání. Otázka, zda jsou pluripotentní již v původní tkáni, nebo se pluripotentní stávají až kultivací v laboratoři, zatím ještě nebyla spolehlivě objasněna.

Mezenchymální kmenové buňky

Při pokusech prováděných na myších se podařilo vědcům získat z kostní dřeně buňky, které byly schopny se specializovat nejen na krevní buňky, jako při transplantaci kostní dřeně. Buňky zvládaly specializaci na další typy buněk mezodermu, ale dokonce i na buňky ektodermálního a endodermálního původu (Jiang et al., 2002a; LaBarge a Blau, 2002). Ukázalo se, že tyto schopnosti nevykazují jen myší buňky kostní dřeně, ale dokonce i lidské. Pro ověření hypotézy byly odebrány vzorky tkání pacientů po transplantaci kostní dřeně. Ve vzorcích

z jater i z kůže se našly buňky pocházející právě z buněk kostní dřeně dárce (Jiang et al., 2002b; Korblyng et al. 2002).

Ve vědecké literatuře najdeme prozatím dvě možnosti, jak tuto skutečnost vysvětlit. Je možné, že se v kostní dřeni dospělého jedince soustavně vyskytuje velmi malé množství pluripotentních kmenových buněk. Druhá možnost předpokládá, že buňky se staly pluripotentní až díky in vitro kultivaci (Gilbert a Singer, 2006).

Nabízí se tedy možnost získávat pluripotentní kmenové buňky z kostní dřeně. Jeden z problémů této cesty je vcelku jasný. Kostní dřev je jako materiál pro tvorbu kmenových buněk poměrně obtížně dostupná. Zároveň se tento typ kmenových buněk nesnadno množí.

Buňky pupečnickové krve

Stejně jako v kostní dřeni, i v krvi z pupeční šňůry se vyskytuje populace krvetvorných buněk. Podle způsobu kultivace z tohoto materiálu možné získat nejrozličněji specializované buňky (Kogler et al., 2004).

Již dnes se pupečnicková krev využívá například při léčbě leukémie. Při porodu je možné krve odebrat až jeden decilitr. Tato krev se zamrazí do tekutého dusíku a následně může být využita podobně, jako kostní dřev k transplantaci. Tato metoda je vhodná zejména pro dětské pacienty, protože objem získaného materiálu by pro dospělou osobu nebyl dostačující.

Kmenové buňky z amnionové tekutiny

Téměř pluripotentní kmenové buňky je možné získat i z plodové vody. Byly nalezeny u myši a následně i v lidské amnionové tekutině (De Coppi et al., 2007). Jejich zastoupení v samotné amionové tekutině je velmi nízké, ale poměrně dobře se množí. Jsou schopny diferencovat se na buňky ektodermu, endodermu i mezodermu a pokusy ukazují, že takto vzniklé buňky jsou plně funkční.

Pluripotentní kmenové buňky z gonád

V pohlavních orgánech savců se pohlavní buňky tvoří z unipotentních kmenových buněk. Vlivem vhodných kultivačních podmínek je možné rozšířit jejich rejstřík diferenciace. Z unipotentních buněk je možné získat buňky pluripotentní.

Použit je ovšem zapotřebí buňky z budoucích pohlavních orgánů zárodku. Jejich kvalita je srovnatelná s kvalitou embryonálních kmenových buněk (Gearhart, 1998).

Embryonální kmenové buňky

Na počátku vývoje embrya jsou všechny buňky pluripotentní. Tento stav ovšem netrvá dlouho a s postupujícím vývojem zárodku se rejstřík diferenciací zužuje. Speciálními kultivačními postupy byly získány buňky, které se neomezeně množí a mají úplný rejstřík diferenciací. Tyto buňky jsou vytvářeny z buněk embryoblastu blastocysty. Pokusy začaly na myších (Evans a Kaufman, 1981; Martin, 1981), postupně byly získány i lidské embryonální kmenové buňky (Thomson et al., 1998).

Kultivační podmínky embryonálních kmenových buněk musí být přesně dodrženy. Případné odchylky mohou způsobit chyby v transkripci a dalších klíčových buněčných pochodech (Fenno et al., 2008).

Prací zabývajících se vlastnostmi a podmínkami kultivace embryonálních kmenových buněk byla napsána již celá řada. Přesto nám mnoho mechanismů zůstává zatím skryto a možnosti využití embryonálních kmenových buněk v biomedicině zatím nenabýly úplně konkrétních rysů.

Kde vzít embrya pro tvorbu embryonálních kmenových buněk?

Embryonální kmenové buňky jsou pěstovány in vitro v laboratoři z buněk ICM z blastocysty. Při izolaci buněk pro kultivaci dochází k destrukci embrya. Z těchto buněk můžeme vypěstovat linii pluripotentních buněk, ale zároveň jsme embryo připravili o možnost dát vzniknout novému jedinci.

Získávání zvířecích embryí pro laboratorní účely není obtížné. Vajíčka potřebná k tvorbě embryí se získávají od samic s hormonálně stimulovanými vaječníky. Tato stimulace má za výsledek takzvanou superovulaci. To znamená, že samice ovuluje zároveň větší počet vajíček, než je běžné.

U lidí nelze aplikovat stejný postup, jako u laboratorních zvířat. Obvykle jsou využívána embrya, která zbydou po léčbě neplodnosti in vitro oplozením. Alternativou k tomuto postupu je tvorba embrya klonováním (Gurdon a Melton,

2008). Do enukleovaného ovocytu je vpraveno jádro somatické buňky, které má již plnou genetickou výbavu.

Klonování ovšem není úplně rovnocennou alternativou. Jádro použité somatické buňky je již úzce specializované, protože zajišťuje, aby buňka plnila svou přesně vymezenou funkci. Reprogramování genomu nemusí proběhnout po přemístění jádra somatické buňky do vajíčka úplně. Formátování tohoto buněčného harddisku není dokonalé. Buňka nadále exprimuje proteiny typické pro funkci původní buňky a embryo se tudíž nemůže zdárně vyvíjet.

Poměrně zajímavý příklad nabízí třeba slavná ovečka Dolly. Její narození bylo opravdovým překvapením. Původním cílem experimentu nebylo vytvořit ovčí klon, ale naopak dokázat, že je to nemožné (Wilmot et al. 1997).

Lidské kmenové buňky se zatím získat nepodařilo. Publikace korejského biologa Woo Suk Hwanga (Hwang et al., 2004) se ukázaly jako vědecký podvod a vědec je kvůli podvodům trestně stíhán.

Indukované pluripotentní kmenové buňky

Vědci se dlouho snaží obejít problémy spojené se získáváním embryonálních kmenových buněk. Řada lidí považuje embryo za živou bytost a tato kontroverzní otázka značně ovlivňuje další výzkum.

Je možné použít z embrya jen jednu nebo dvě blastomery. Další možností je použít embryo, která jsou vyřazena jako mrtvá a tudíž nevhodná pro vnesení do těla matky.

I tyto postupy se ovšem setkávají s výhradami a s nesouhlasem. Jako eticky nejméně kontroverzní se v současné době jeví indukované pluripotentní kmenové buňky. Ty přináší hned dvě zásadní výhody. Jejich získávání je téměř stejné, jako získávání somatických kmenových buněk a navíc jejich rejstřík diferenciací je stejně rozsáhlý, jako u embryonálních kmenových buněk (Vogel, 2008).

Na univerzitě v Kjótu pojali vědci tvorbu kmenových buněk poněkud netradičně. Embryonální kmenové buňky vykultivovali bez použití embrya z myších somatických buněk. Dědičná informace ve všech buňkách je stejná. To, co přináší jedinečné vlastnosti embryonálních kmenových buněk, tedy spočívá pouze ve

správné kombinaci aktivních a neaktivních genů. Yamanaka a Takahashi jich vytipovali dva tucty a v laboratoři zkoumali vlivy jejich aktivace. Překvapivě zjistili, že stačí aktivovat jen čtyři z nich a původně vazivové buňky se přemění na materiál téměř nerozlišitelný od embryonálních kmenových buněk (Yanagama a Takahashi, 2006).

Nespornou výhodou by byl fakt, že tímto způsobem je možné napěstovat pacientovi kmenové buňky přímo jemu na míru. Byly by vytvořeny z jeho vlastních buněk, tudíž by nedocházelo k žádným imunitním reakcím. Z tohoto hlediska by indukované pluripotentní kmenové buňky mohly splnit naděje vkládané do takzvaného terapeutického klonování. Ty se bohužel ukázaly jako plané poté, kdy vyšlo najevo, že výsledky pokusů soulského týmu jeho vedoucí Woo Suk Hwang zfalšoval.

Bohužel, i tento typ pluripotentních buněk má své nedostatky. Obavy vzbuzuje například zapnutí jednoho z genů, který u člověka způsobuje zhoubné rakovinné bujení.

2.3 Didaktická hra jako vyučovací metoda při výuce pluripotentních kmenových buněk

Hra patří mezi svobodně volené aktivity dětí už od raného věku. Rozvíjí oblast racionálně-kognitivní, ale i emotivně-imaginativní. Didaktická hra pochopitelně něco ze své spontánnosti ztrácí. Mezi nesporné klady hry patří seberealizace studentů a žáků a jejich aktivizace. Ve výuce je třeba dbát zejména na to, aby hra splňovala předem vymezené vzdělávací cíle. Pokud se cíl vytratí, stává se hra neúčelnou. Někdy se může stát, že výuková složka převáží natolik, že hra již není hrou. (Maňák a Švec, 2003). Při správném vedení si žáci a studenti omezení spojených se sledováním určitého cíle ani nevšimnou (Fontana, 1997). Vhodný je i výběr hry ve spolupráci se studenty

Nadchnout dnešní žáky a studenty pro hru není snadné. Od dětství mají totiž k dispozici celou řadu her poznamenaných komerčními zájmy. Hry jsou technicky přivedeny k dokonalosti a snaží se kompenzovat chudost sociálních vztahů a citových podnětů. Moderní hry jsou obvykle založeny na rivalitě a soutěživém chování. Proto se školní hry, ve kterých není vítěz, mohou zdát žákům a studentům

nudné a málo poutavé. Přesto je didaktická hra zajímavou a přínosnou vyučovací metodou. Je pouze na schopnostech učitele, aby zvolil hru vhodnou pro danou skupinu žáků nebo studentů. Mladší žáci upřednostňují jednodušší hry, starší studenti spíše složitější a komplikovanější. Věku žáků je třeba podřídít i délku trvání aktivity. Stejně tak je nezbytné vzít v potaz i další charakteristiky skupiny, jako je pohlaví, preferované oblasti zájmu a nejrozličnější kulturní aspekty (Maňák J., 1997).

Didaktické hry nejsou přínosné zdaleka jen jako netradiční způsob získávání informací. Důležitým aspektem hry je i osvojování sociálních rolí (Vališová, 1999). Žáci musí respektovat stanovená pravidla a přijímat prohru i výhru. Vhodně zvolená didaktická hra upevňuje řadu klíčových kompetencí zahrnující kompetenci k učení, kompetenci a k řešení problémů. Vzájemnou spolupráci a komunikaci v týmech a skupinkách se posiluje i kompetence sociální a personální (Hausenbals, 2008).

Přínosem didaktických her není jen netradiční způsob získávání informací. Kromě vzdělávacího efektu se vyznačují didaktické hry i efektem výchovným. Studenti musí dodržovat stanovená pravidla hry, učí se prohrávat i vyhrávat. Vhodně zvolená didaktická hra vede k rozvoji nejen v oblastech kompetencí k učení nebo k řešení problémů, ale žáci se procvičují i v komunikačních dovednostech, posiluje se kompetence sociální a personální i občanská. Hra přináší poučení i zábavu, jejím prostřednictvím si osvojujeme sociální role (Maňák a Švec, 2003).

2.5. Hodnocení postojů

Přestože by si studenti měli vytvářet názor na základě předložených informací, je pro ně jen velmi obtížné zahrnout mezi podklady pouze faktické informace. Často zcela nevědomě vytváří názor i na základě svých pocitů (Hartl a Hartlová, 2000). Velký vliv na výsledný názor na problematiku pluripotentních kmenových buněk může mít jak výchova, tak i osobní zkušenosti (Čáp, 1993). Pokud někdo ze studentových blízkých trpí nemocí, kterou by mohly vyléčit některé z nových technologií, studentův názor to bezesporu ovlivní. Na řadu lidí může mít vliv i příklad známé osobnosti trpící Alzheimerovou nebo Parkinsonovou nemocí. Mezi nejznámější osobnosti postižené Parkinsonovou chorobou patří například papež Jan Pavel II., boxer Muhammad Ali a řada známých herců, bývalý americký prezident Ronald Reagan zemřel na Alzheimerovu chorobu. Reálný obraz toho, co jsou tyto

nemoci schopny způsobit, vyvolává v některých lidech značné obavy a jejich postoje jsou tím značně ovlivněny.

Během hry studenti postupují od tvorby individuálního postoje k postoji skupinovému. Méně náročné na rozumové schopnosti je ovlivňování postoje pomocí emocí. Zpravidla však studenti vyžadují reálná fakta a oboustrannou argumentaci (Vališová, 1999). Výsledky diskuse mohou pak být vyjádřeny volbou jednoho ze čtyř předem formulovaných témat, případně si studenti mohou vytvořit skupinový postoj podle svých představ a nároků.

2.4. Projekt PlayDecide

PlayDecide je projekt, který má za úkol podpořit využívání diskusních her a dalších diskusních forem v evropských městech, aby se rozvíjela vzdělanost v oblastech přírodních věd na lokální úrovni. Projekt byl dva roky podporován fondem Evropské Komise.

Fond podporuje tvorbu nových diskusních metod a her inspirovaných projektem PlayDecide a jejich využití k řešení problémů a témat, která jsou důležitá na úrovni měst a obcí. Poskytuje školení a podporu jak jednotlivcům, tak i nejrůznějším organizacím, které mají zájem o aktivitu a oblasti debat a diskusí. Řadou malých dotací urychluje spolupráci mezi jednotlivými osobami a organizacemi na úrovni obcí. Diskuse a různé formy debaty se využívají zejména pro lokální politiku.

Cílem fondu je usnadnit výměnu zkušeností a znalostí mezi veřejností a vědeckými pracovníky, zejména v muzeích, na vysokých školách, různých sdruženích a komunitních skupinách, nevládních organizacích a veřejných i soukromých výzkumných organizacích.

3. Integrace vzdělávacích oblastí v biologickém vzdělávání

K prvním objevům, které můžeme označit za vědecké, došlo již ve starověku. Množství vědeckých poznatků bylo tehdy ovšem velmi malé a vědecký pokrok

pomalý. Výjimečné osobnosti mohly porozumět celému spektru tehdejšího vědění. Mezi takovéto učence patřil například Aristoteles. Jedním z posledních, kteří obsáhli nejrozumnější oblasti přírodních a humanitních věd i umění, byl Leonardo da Vinci. Následoval natolik rychlý rozvoj vědy, že specializace byla nezbytná. Jedinec už zvládl pojmout jeden, nebo několik málo oborů. Postupně proto docházelo k izolaci jednotlivých vědních odvětví.

V dnešní době se setkáváme s opačným trendem. Jednotlivé obory již nejsou striktně odděleny a místy se začínají stýkat a prolínat. Izolovanost oborů začíná být spíše komplikací. Pro další rozvoj je nezbytná spolupráce mezi jednotlivými vědními disciplínami, i když obsáhnout celé lidské vědění je dnes již naprosto nemožné.

Stav, ve kterém se dnes nachází věda, by se měl odrazit i ve výuce. Učivo biologie by mělo být obohacováno novými informacemi a mezioborovými souvislostmi. Příkladem nového interdisciplinárního oboru, se kterým se dnes můžeme setkat, je bioetika na rozhraní přírodovědného oboru biologie a humanitního oboru etiky. Bioetika řeší etické otázky z biologie, genetiky, medicíny a řady dalších. Na příkladu bioetiky je možné ukázat studentům, jaké otázky a klíčové problémy mohou vznikat na rozhraní jednotlivých oborů.

3.1. Názory na počátek lidského života a na problematiku pluripotentních kmenových buněk

Diskuse na téma, kdy vlastně začíná lidský život, se vedou již dlouhá staletí. Tato otázka sahá dávno do minulosti, do dob, kdy biologická stránka vývoje plodu nebyla známá. Představy o tom, jak vzniká nový jedinec v těle matky, byly jen na úrovni nepodložených spekulací. S rozvíjejícími se informacemi, které nám přináší medicína, fyziologie a další obory se však situace příliš nevyjasňuje. V úvahu je třeba vzít i předchozí názory a najít řešení přijatelné pro všechny se zdá zatím nemožné. Stejně nemožné je i najít akceptovatelný postoj k tvorbě pluripotentních kmenových buněk a jejich využití.

Antický náhled

Zabití člověka je považováno za zločin odnepaměti. Kdy ale přijde okamžik, kdy už se jedná o člověka?

Zejména v dobách, nebo oblastech s vysokou dětskou úmrtností nejsou novorozenci považováni za plnohodnotného člověka hned v okamžiku porodu. Může se jednat jen o malou časovou prodlevu, jako první křik novorozence na japonském venkově, nebo přiložení k matčinu prsu u mohavských indiánů. Obyvatelé africké Ghany tento okamžik odsouvají až na sedmý den od narození a některé australské kmeny až zhruba do dvou let věku dítěte (Morowitz a Trefil, 1992). I přesto, že zárodek před narozením neměl statut člověka, potraty byly velmi často nepřípustné a jejich záměrné vyvolávání bylo odsuzováno. Asyrské ženy, které si způsobily samy potrat, byly za trest naraženy na kůl (Rogerson, 1985).

Z náhledů na potraty bychom mohli vyvodit závěr, že zárodek byl ochraňován a měl určitá práva ještě před tím, než se z něj stal plnohodnotný člověk. Tato domněnka ovšem není asi zcela správná. Ve starořecké Spartě byly postižené děti a potomci ženského pohlaví pohazováni do propasti za městem. Ochrana dětí ještě před jejich narozením tedy spočívala spíše ve snaze získat co nejvíce zdravých a zdatných potomků (Buss, 1967).

Odpor k potratům z morálních důvodů nebyl rozšířen. Pythagoras a ti, kteří na jeho myšlenky navazovali, odmítali interrupci a i sebevraždu (Tribe, 1990). Velký vliv na náhled na počátek lidského života měl Platón. Ve svých dílech rozděloval vývoj těla a vývoj duše na dvě samostatné části. Zárodek vyvíjející se v těle matky tedy nemusel nutně mít duši již od okamžiku oplození. Duši byl obdařen až během svého vývoje. A právě v okamžiku, kdy plod získá duši, se podle Platóna stává člověkem. Náзор, že duše do zárodku vstupuje až během vývoje těla, je velmi rozšířený a uznávaný i dnes. Neshody ovšem panují v tom, kdy do těla vstupuje. Platón zastával názor, že se tak stává až v okamžiku narození.

Na Platónovo učení navázal jeden z jeho žáků, Aristoteles. Ve svých názorech zohledňoval stanoviska svého učitele, ale i starší tradiční pohled. Nestavěl se proti odkládání dětí postižených, nemocných, nebo slabých. Odmítal ale stejné nakládání s dětmi zdravými. Aby podobné praktiky nebyly nutné, navrhoval jistý model kontroly plodnosti, určení maximálního počtu dětí jednoho páru. Těhotenství v rodině, kde už byl limit splněn, by se pak řešila interrupcí. Pro interrupci by bylo nezbytné dodržet limit, kdy zárodek ještě nemá duši. Duši získával zárodek ve čtyřicátém dni po oplození, výjimku tvořily zárodky ženského pohlaví. I zde se

odrážel tehdy velmi rozšířený názor, že ženy jsou na nižší úrovni, než muži. Proto již jejich vývoj probíhá pomaleji (Bonner, 1985).

Názory Aristotela značně ovlivnily evropskou kulturu a civilizaci. Jeho pohled na lidský zárodek byl uplatňován po celý středověk a řadu myšlenek převzali i křesťané. Svatý Augustýn, svatý Jeroným, nebo Tomáš Akvinský rovněž uvádí čtyřicátý den po oplození jako chvíli, kdy zárodek získává duši, ještě o dlouhá staletí po Aristotelovi (Gilbert et al., 2005).

Judaismus

Ačkoli navenek působí judaisté jako pevně semknutá komunita, není tomu ve skutečnosti tak. V rámci náboženství se vyskytují i značné odchylky ve výkladu základních náboženských textů tóry a talmudu. V judaismu tedy najdeme jak ortodoxní, tak i velmi liberální odvětví.

Přesný údaj o tom, kdy začíná lidský život, v tóře nenajdeme. Tóra nepojednává ani o umělém ukončení těhotenství. Hovoří se ovšem o případě, kdy muž ublížil těhotné ženě. V knize Mojžišově (Exodus 21: 22-23) je za poškození plodu muži vyměřena pokuta, pokud by ovšem žena zemřela, muž by byl podle pravidel popraven. V případě smrti ženy a následné popravy by už nebyla požadována náhrada rodině ženy. Z tohoto můžeme usuzovat, že život ženy a život plodu nemají podle tóry stejnou hodnotu. Zničení plodu tedy není vraždou a život začíná až později (Jakobovits, 1973).

Pro počátek lidského života je podle talmudu klíčovým okamžikem porod. Konkrétně okamžik, kdy se hlava plodu dostane do porodních cest. V tu chvíli se z plodu stává nový jedinec se stejnými právy, jako jeho matka. Není tedy například možné při obtížném a pro matku nebezpečném porodu se vzdát života dítěte. To si ovšem naopak nelze vykládat jako souhlas s potraty. Jedinou výjimku, kterou talmud připouští, je případ, kdy těhotenství ohrožuje život matky. V takovém případě je plod považován za násilníka, který ženu ohrožuje a jeho likvidace je možná (Jakobovits, 1973).

Na okamžiku počátku života se ovšem judaisté neshodují. Některé rabínské texty uváží jako počátek života až třináctý den po narození (Buss, 1967).

Judaisté tedy z hlediska své víry bez problému přijímají tvorbu embryonálních kmenových buněk z embryí, která zůstala jako „nadbytečná“ po in vitro oplození. Oplozené vajíčko není považováno za jedince. Ani další stádia lidského zárodku, která ještě nemají vyvinut oběhový systém, nejsou považována za člověka. Konkrétně se tedy jedná o všechna stádia, až do okamžiku implantace zárodku do sliznice dělohy matky (Werner, 2005) a o další stádia, až do čtyřicátého dne stáří zárodku (Dorff, 1999).

Judaisté mají hluboce zakořeněný vztah k lékařství a k pomoci nemocným již po staletí (Heschel, 1985; Zoloth 2001). Judaismus tedy přijímá nejen tvorbu embryonálních kmenových buněk z nadbytečných embryí. Souhlasí dokonce i s tvorbou embryí klonováním, ovšem pouze za účelem tvorby embryonálních kmenových buněk (Broyde 2002).

Katolická církev

V počátcích křesťanství nebyl embryu přisouzen statut člověka ihned od okamžiku početí. Duši získával zárodek až během svého vývoje (Buss, 1967).

Podle Justiniánského kodexu z roku 529 jsou zákony týkající se potratů shodné s judaistickými zásadami. Tento fakt je vcelku logický, protože křesťanství se z Judaismu vyvinulo. Trestný je tedy potrat v případě plně zformovaného plodu, který už je obdařen duší (Jakobovits, 1973). Přesný okamžik, kdy plod získává duši, však stanoven není (Rogerson, 1985).

Do jisté míry extrémní názor křesťanů na počátek lidského života pravděpodobně vznikl v důsledku nejrůznějších nařčení a obvinění. První křesťané byli podezříváni, že při svých bohoslužbách konají lidské oběti, vraždí a jedí děti. Křesťané tuto skutečnost naprosto odmítali a popírali. Do křesťanských zásad se proto dostal přísný zákaz zabíjení. A křesťané zašli ještě dál. Jako nepřípustné označili už zničení nenarozeného plodu, které postavili na stejnou úroveň s vraždou dospělého člověka nebo již narozeného dítěte. Původně byla udělena výjimka pro případy, kdy plod ohrožoval život matky. Další křesťanští myslitelé však postupně zapověděli i tuto možnost. Plod je člověkem již od okamžiku oplození vajíčka spermií a v embryu je člověk schován jako „ovoce ve svém semínku“. (Buss, 1967; Rogerson, 1985)

Stejně jako judaiské, ani křesťani nejsou v otázce, kdy začíná lidský život, úplně jednotní. V díle *Decretum* datovaném přibližně do roku 1140 je uvedeno, že plod o stáří do čtyřiceti dnů, který nemá ještě plně zformované lidské rysy, není považován za člověka (Gilbert et al., 2005).

Definitivní zákaz potratů a vymezení počátku života do okamžiku oplození přišel až v roce 1869. Papež Pius IX. vzal v úvahu, že není možné přesně určit, kdy má zárodek již duši. Aby nemohlo dojít k nedopatření, kdy by byl zabit plod již obdařený duší, rozhodl se vyhlásit za uměle vyvolaný potrat trest exkomunikace. Ani Pius IX. se nedomníval, že by oplozené vajíčko již bylo člověkem. Pouze v sobě nese potenciál se jím stát.

V papežské instrukci *Donum Vitae* z roku 1987 je uvedeno: „Lidská bytost by měla být respektována a uznávána jako osoba od okamžiku oplození. Od stejného okamžiku musí být respektována i její lidská práva, mezi nimiž na prvním místě stojí právo lidské bytosti na život.“

V roce 2008 byla tato skutečnost znovu potvrzena v papežské instrukci *Dignitas Personae*. Současný trend k názoru, že oplozené vajíčko již je obdařeno duší, je poměrně dobře patrný (Benagiano a Mori, 2007).

Jedinou výjimku tvoří plody a embrya odumřelá přirozeným způsobem při samovolném potratu. Těch se netýkají ani jinak nepostradatelné církevní rituály, jako je křest, nebo pohřeb.

Ani křesťané však nejsou ve svých názorech naprosto jednotní. Řada protestantských církví neuznává papeže jako autoritu a jeho názory a instrukce se neřídí. Některé z nich přistupují k problematice potratů podstatně shovívavěji (Gilbert et al., 2005).

Z výše uvedených důvodů je pro křesťany naprosto zapovězena tvorba embryonálních kmenových buněk. Terapeutické klonování je dokonce ještě odsouzenější, než klonování reprodukční. Při terapeutickém klonování totiž nevzniká nový jedinec a potenciál embrya stát se novým člověkem je zmařen.

Jediné typy kmenových buněk, které papežská instrukce *Dignitas Personae* připouští, jsou dospělé kmenové buňky, buňky z krve pupeční šňůry a kmenové buňky z plodů potracených samovolně.

Protestantské názory na problematiku pluripotentních kmenových buněk tvoří celou škálu od zákazu shodného s papežskými instrukcemi, až po velmi liberální názor povolující tvorbu embryonálních kmenových buněk z „nadbytečných“ embryí

vzniklých při in vitro oplození, embryí vytvořených metodou klonování i ze zárodků získaných umělým ukončením těhotenství (Gilbert et al., 2005).

Islám

Korán vychází v základních myšlenkách týkajících se počátku lidského života z myšlenky řeckého filosofa Aristotela a lékaře Galéna (Musallam, 1990).

V Koránu je počátek lidského života určen na čtyřicátý až stodvacátý den od oplození. Zárodek se vyvíjí nejdříve bez duše, tou je obdařen až v pozdějších fázích vývoje (Tribe, 1990).

I před okamžikem, kdy zárodek získá duši, je hoden určité ochrany. Práva rovná plnohodnotné lidské bytosti mu ale ještě přiznána nejsou. Potrat není zakázán, ale je podmíněn závažným vývojovým defektem plodu. Poškození ovšem musí být opravdu zásadního rázu. Potrat je povolen, pokud by narození dítěte znamenalo neštěstí jak pro dítě, tak i pro jeho rodinu. Například Downův syndrom, který je běžným důvodem pro ukončení těhotenství v evropských zemích, mezi takto závažné defekty nespadá. Nezbytnou podmínkou pro přerušení těhotenství je souhlas otce (Aboulghar et al., 2007).

Ve výjimečných případech, kdy je ohrožen život matky, je povolen i potrat až po 120. dni těhotenství. Islám totiž povoluje porušení náboženských pravidel za předpokladu, že jejich dodržením by bylo ublíženo člověku (Aboulghar et al., 2007).

Ohledně problematiky pluripotentních kmenových buněk je islám překvapivě tolerantní. Embrya mladší, než čtyřicet dnů mohou být bez problémů používána pro výzkumné účely. Nejednotný názor panuje na klonování. Někteří muslimští duchovní neschvalují terapeutické ani reprodukční klonování. Část duchovních ovšem s tvorbou embryí metodou klonování souhlasí a to nejen za účelem tvorby embryonálních kmenových buněk, ale dokonce i pro tvorbu lidských klonů (Gilbert et al., 2005). Pádovým argumentem je fakt, že muslimové nevidí Boha jako jediného tvůrce světa. Člověk se na tvorbě světa podílí a je povinen svět měnit tak, aby byla lepší. Vylepšení světa, pokud není zničen zárodek obdařený duší, je tedy přímo žádoucí (Sachedina, 2004).

Východní náboženství

Hinduisté věří v reinkarnaci, neboli v převtělování. Činy v jednom životě ovlivňují, v jakém těle bude dotyčný existovat v životě následujícím. Souhrn všech těchto činů se nazývá karma. Cílem hinduistů je posupně během reinkarnací stoupat na vyšší úroveň a nakonec dosáhnout splynutím s bohem Brahmou (Tribe, 1990).

Přerušení těhotenství je bráno jako velmi vážný čin, jedná se o vraždu. Karma je tímto činem nenávratně poškozena (Gilbert et al., 2005).

Ani buddhismus nepovoluje umělé přerušení těhotenství. Potrat není povolen ani v případě, kdy plod ohrožuje život matky. Podle buddhistických zásad je v tomto případě správné, aby matka obětovala svůj život ve prospěch dítěte. Z hlediska karmy je tento čin velmi kladně hodnocen a matka se v příštím životě převtělí do stvoření na vyšší úrovni. Potrat má za následek naopak věčné zatracení v kolotoči reinkarnací bez možnosti dosažení úrovně nejvyšší (Tribe, 1990).

Počátek života podle vědeckého pohledu

Stejně jako řada náboženství, ani věda nemůže přesně určit okamžik, kdy začíná lidský život. V tomto případě se totiž nejedná o jasně interpretovatelná fakta a měřitelné hodnoty, ale také o morální a etický náhled na problém. A tento problém by neměli vědci řešit sami, protože dopady se týkají celé společnosti. Kromě vědeckých faktů se na výsledku podílí i aspekty kulturního a historického rázu. A hledání kompromisu mezi právy lidského embrya a možnosti léčby nemocných není snadné.

Ve vývoji jedince existuje hned několik okamžiků, které můžeme označit za počátek života. Úplně prvním je nejspíše okamžik oplození vajíčka spermií. Ve chvíli, kdy dojde k nakombinování dědičné informace od otce a od matky, je celá řada budoucích vlastností jedince již definitivně předurčena.

Dalším takovým bodem je reaktivace genomu embrya. Od tohoto okamžiku si embryo samostatně syntetizuje RNA a podle ní potřebné proteiny.

Až do implantace je možné nechat embryo vyvíjet se v laboratorních podmínkách. Ve chvíli, kdy se embryo zahníždí do děložní sliznice matky, již není schopno samostatné existence.

Přelomový je i okamžik, kdy embryo dosáhne stádia gastruly. Až do té doby bylo totiž možné vyvíjející se embryo rozdělit na několik nezávisle se vyvíjejících, nebo naopak ze dvou embryí může vzniknout jen jeden jedinec. Rovněž dochází ke specializaci jednotlivých buněk.

V době mezi 24. až 27. týdnem vývoje zárodku již můžeme detekovat nervovou činnost plodu. Nervové buňky pochopitelně vznikají již dříve, ale jsou izolované, bez vzájemného propojení.

Posledním opravdu přelomovým okamžikem je bezesporu porod. Konkrétněji chvíle, kdy je plod schopen přežít mimo tělo matky. S postupující úrovní lékařské péče se tento okamžik stále posunuje. V současnosti už je možné udržet při životě novorozence narozené již v 22. týdnu těhotenství (Gilbert et al., 2005).

3.2. Problematické aspekty

V oblasti tvorby a výzkumu pluripotentních kmenových buněk dochází neustále k dramatickému vývoji. Poslední novinkou z oblasti výzkumu embryonálních kmenových buněk patří první klinická zkouška Provedená Robertem Lanzou a jeho týmem. Embryonální kmenové buňky využity v léčbě makulární degenerace a výsledky vypadají velmi nadějně (Schwartz, 2012). Tyto informace se k laické veřejnosti dostávají jen zřídka. Celá problematika je navíc velmi rozsáhlá a zasahuje do nejrozličnějších vědních oborů, jako je buněčná biologie, genetika, biomedicína i řada humanitních oborů.

Zdroje buněčného materiálu pro tvorbu embryonálních kmenových buněk

Již z názvu embryonálních kmenových buněk je patrný jejich původ – lidské embryo. Právě tato skutečnost vzbuzuje největší diskuse i mezi laickou veřejností. Názory zaujímají celou škálu od pohledu katolické církve, která považuje embryo za lidskou bytost (Dignitas personae, 2008), až po názor, že použití embrya k těmto účelům nepředstavuje žádný problém (Kennedy, 2005). I tyto zcela protichůdné názory se však shodují na faktu, že embryo má určitou hodnotu, mělo by s ním být nakládáno s respektem a nemělo by se stát předmětem obchodů.

Momentálně existují dvě cesty, kterými je možné embrya získat. První cestou je využití „nadbytečných“ embryí vzniklých při tvorbě dětí ze zkumavky. Při

zároku je zpravidla vytvořeno více embryí, než je následně doopravdy použito. Zbylá embrya, která nejsou vnesena do těla matky, bývají zamrazována v tekutém dusíku. Mohou být využita, pokud si rodiče přejí další dítě, nebo předcházející pokus nebyl úspěšný. Pokud však pár již další děti mít nechce, může embryo nabídnout jinému páru, nebo jej darovat pro výzkumné účely (Gilbert et al., 2005).

Při použití embryí z tohoto zdroje je menší riziko, že se s embryi začne obchodovat. Embrya totiž vznikají primárně z důvodu léčby neplodného páru. V centrech asistované reprodukce je zároveň zaručeno náležité nakládání s embryi. Za darovaná embrya by neměly být poskytovány peněžní kompenzace, aby se předešlo komercializaci (National Institute of Health, 2000).

Pro některé výzkumy však potřebujeme embryonální kmenové buňky s určitými konkrétními vlastnostmi. Například pro studium Parkinsonovy choroby je nejvýhodnější připravit si nervové buňky z embryonálních kmenových buněk, které ve své dědičné informaci mají zakódované faktory, které propuknutí nemoci způsobují. Mezi páry, které darovaly embrya pro výzkumné účely, se však nemusí vyskytovat nikdo s Parkinsonovou chorobou, nebo se u nikoho ještě příznaky neprojeví. Navíc embryo nemusí vlohy pro Parkinsonovu chorobu zdědit. V těchto případech je výhodnější vytvářet embrya metodou přenosu somatických jader. Pro výzkumné účely by bylo možné vypěstovat si požadovaný typ buněk s konkrétní mutací. Postup by byl výhodný i pro terapeutické účely, kdy by pacientovy bylo možné vytvořit soubor náhradních buněk „na míru“. Předešlo by se nepříjemnostem s imunitní bariérou mezi pacientovým imunitním systémem a vnesenými buňkami. Transplantovaná masa buněk by byla od pacientových vlastních nerozeznatelná.

Embrya vzniklá metodou přenosu somatických jader jsou předmětem mnoha diskusí. Teoreticky by měla být schopna dokončit vývoj, ovšem momentální výsledky v oblasti klonování savců tuto možnost příliš nenaznačují. Úspěšnost klonování zvířat obecně je dosti nízká, u primátů je klonování provázáno celou řadou dalších problémů. Šance na narození dítěte z embrya vzniklého klonováním je tedy mizivá. Navíc by tento člověk byl s vysokou pravděpodobností postižen celou řadou vývojových defektů (Gurdon a Melton, 2008).

Otázkou je i to, zda můžeme útvar vzniklý přenosem jádra do enukleovaného ovocytu nazývat embryem. Běžně embryo vzniká splynutím vajíčka a spermie a následnou kombinací jejich genomů. K tomuto při klonování nedochází (Lanza a Rosenthal, 2004). Z tohoto důvodu je navrhováno i odlišné pojmenování tohoto útvaru, například klonota. Zničení klonoty v rámci výzkumu nevyvolává tolik negativních ohlasů jako destrukce „nadbytečných“ embryí po in vitro oplození. Kvůli svému původu a minimální šanci na dokončení vývoje jsou klonoty eticky příhodnější (Hall, 2004).

Pozornost přitahuje i tvorba embryonálních kmenových buněk z embryí vzniklých mezidruhovým přenosem. Klonota je v tomto případě vytvářena z jádra lidské somatické buňky a vajíčka jiného živočicha. V tomto případě odpadá hledání zdroje lidských vajíček a navíc vzniklá klonota má ještě nižší šanci na dokončení vývoje. Tyto buňky se ovšem nejspíš v dohledné době uplatnění v léčbě nedočkají. Obavy vzbuzuje zejména možnost přenosu virového onemocnění a také následná přítomnost zvířecích mitochondrií v lidském organismu (National Bioethics Advisory Commission, 1999; Commission of the European Communities). Pro výzkumné účely by jejich použití ovšem bylo velmi výhodné (Lowell-Badge, 2008).

Dárcovství ovocytů

Nezbytným materiálem pro tvorbu embryonálních kmenových buněk z embryí vytvořených klonováním jsou lidské ovocyty. E nukleovaný ovocyt zajistí reprogramování dědičné informace jádra tělní buňky (Gurdon a Melton, 2008).

Lidské ovocyty jsou získávány od hormonálně stimulovaných dárcyň. Hormonální stimulace zajistí ovulaci většího počtu ovocytů, než je běžné, ale nese s sebou určitá rizika. Tělo dárcyně může zareagovat různě. V některých případech může dojít k vyvolání rakovinného bujení, běžnější komplikací představuje tzv. hyperstimulační syndrom. Projevuje se několik dní po odebrání ovocytů. V břišní dutině pacientky se začnou hromadit tekutiny, což má za následek nevolnost, zvracení a bolesti. Může však dojít i ke zvětšení vaječníků, nebo trvalým závažným zdravotním komplikacím, jako je selhání plic, ledvin, nebo k prasknutí vaječníku (Magee, 2004).

Pokud by se například terapeutické klonování mělo stát běžnější lékařskou procedurou, bylo by nezbytné najít alternativní zdroj embryí. Ženy ze sociálně

slabých vrstev by mohly dárcovství pod vlivem komercializace využívat jako zdroj finančních prostředků. Možnost nabízí indukované pluripotentní kmenové buňky. Případně by bylo možné získat ovocyty cílenou specializací z embryonálních kmenových buněk (Hübner et al., 2003; Conti a Giudice, 2008).

Dostupnost léčby a patenty

Léčba kmenovými buňkami je zatím hudbou budoucnosti. Již teď je ale jasné, že se nebude jednat o levnou záležitost. Již dnes existují značné rozdíly v dostupnosti náročnějších léčebných postupů nejen mezi různými oblastmi ve světě, ale i mezi jednotlivci. Mezi bioetiky se setkáme i s názorem, že by výzkum kmenových buněk neměl být podporován z veřejných financí, protože na léčbu pomocí kmenových buněk stejně dosáhne jen hrstka nejmajetnějších pacientů (Holland, 2001).

Další komplikací z finančního hlediska představují patenty. Mnohé postupy a techniky jsou jimi chráněny již dnes (Logring a Campbell, 2006). Na jednu stranu patenty zvyšují šanci na návrat prostředků investovaných do výzkumu, na druhé straně další výzkum poněkud komplikují. Nejedná se jen o licenční poplatky, i když nejsou malé. Některé důležité postupy jsou patentovány natolik důkladně a patří navíc hned několika společnostem zároveň. Snaha získat licenci pro další výzkum tak může ztroskotat i z čistě administrativních důvodů (Cukier, 2006).

Rozšířený je i názor, že komplikace spojené s patenty budou výzkum kmenových buněk provázet jen zpočátku. Po určité době platnost patentů vyprší a ve výsledku bude léčba levnější. Není také vhodné zvažovat náklady na léčbu kmenovými buňkami jen z jedné strany. Současné typy léčby spolu s péčí, kterou pacienti potřebují, jsou také finančně velmi náročné (Gilbert et al., 2005).

Lidská důstojnost

Pokud hledáme odpověď na otázku, zda je morální vytvářet pluripotentní kmenové buňky, provádět na nich výzkumy a využívat je pro léčbu, musíme se zabývat i otázkou, nakolik je těmito výzkumy narušena lidská důstojnost (Gilbert et al. 2005).

Na lidskou důstojnost je možné nahlížet několika různými způsoby. První názorový pohled předpokládá, že člověk je něčím výjimečný. Od zvířat ho může

odlišovat například lidská racionalita, nebo schopnost uvažovat v abstraktní rovině. Podle různých náboženství může touto odlišností být duše, nebo možnost reinkarnace. Z těchto náhledů vyplývají jasné, hluboce zakořeněné zásady, jako je například odmítání kanibalismu, nebo otroctví. V situacích, kdy dochází k vylepšování člověka, oproti tomu, jak jsme se narodili nebo byli stvořeni, však mohou nastat určité neshody. Pod vylepšením si můžeme představit i očkování. Některá náboženství jej proto mohou odmítat. Po nákaze člověka bakterií *Clostridium tetani* je normální podlehnout nemoci a zemřít (Gilbert et al, 2005).

Další názorový pohled má mnohem konkrétnější obrysy a lidská důstojnost zahrnuje i využívání našich schopností k pomoci, uzdravování a záchraně života (Heschel, 1985). Nemoc podle této koncepce může narušit lidskou důstojnost a léčba pomáhá ji alespoň částečně vrátit. Nemocný s Alzheimerovou chorobou se díky léčbě zvládne postarat sám o sebe a poznává své nejbližší. Úraz páteře již neznamena doživotní ztrátu možnosti pohybu a kontroly nad základními fyziologickými funkcemi.

Právě udržení nebo opětovné získání lidské důstojnosti stojí za názorem mnoha zastánců tvorby, výzkumu a využívání pluripotentních kmenových buněk včetně embryonálních. Držitel Nobelovy ceny za chemii Paul Berg uvádí, že jsme morálně a eticky povinni provádět výzkum a klinické zkoušky léčby pomocí kmenových buněk ve prospěch těch, kteří trpí (Berg, 2003). Podle embryologa Johna Geaharta je neetické, když embrya a tkáně plodů nevyužijeme, protože s jejich pomocí můžeme vyvinout léčebné postupy zachraňující lidské životy (Gilbert et al., 2005).

První pohled na lidskou důstojnost zdaleka nemůžeme přiřknout všem věřícím. Na druhou stranu ho na věřící ani nemůžeme omezit. Pohled je blízký názorům katolické církve. Řada dalších církví a náboženství je nakloněna spíše druhému pohledu. Patří mezi ně především protestantské církve, Židé a muslimové (Gilbert et al., 2005). Této koncepci se někdy vytýká, že umožňuje postupné přijímání všech technicky možných postupů, které jsou z hlediska etiky přinejmenším kontroverzní (Kass, 2001).

Jednou z aktuálních otázek z bioetiky je, zda máme právo prodlužovat lidský život, případně jaký vliv by mělo prodlužování života na naši společnost. Otázkami se zabýval například americký Výbor pro bioetiku (President's Council on Bioethics, 2003). Je možné, že relativně krátký lidský život s bezprostřední hrozbou smrti nás v životě určitým způsobem motivuje a dodává životu jistou naléhavost. Pokud by

hrozba smrti nebyla natolik aktuální, v populaci by mohlo převážet rozhodnutí nezaložit rodinu. Momentálně potomci slibují jakési pokračování osobnosti jedince pro budoucnost. Generační obměna také do značné míry zajišťuje pokrok ve společnosti. Populace dlouhověkých lidí bez potomků by pravděpodobně přinášela velmi málo nových názorů, vědomostí a přístupů.

Dramatické prodloužení života části obyvatelstva by mohlo vyvolat i ekonomickou krizi. Většina finančních prostředků by byla v držení právě těchto dlouhověkých lidí (Mann, 2005). Podle Jonase (1969) by měla pro prodlužování života stanovena určitá věková hranice a lidé, kteří by tuto hranici překročili, by se k prodlužování života uchýlit nemohli. Callahan (2003) se domnívá, že ve společnosti posupně převáží názor, že nadměrné prodlužování lidského života není nutné. Pozornost by měla být zaměřena spíše na zajištění zdravého, kvalitního a aktivního života a klidné, důstojné smrti.

3.2.1. Právní regulace v některých zemích

Existuje široká škála stupňů regulace tvorby a výzkumu pluripotentních kmenových buněk. Některé státy nemají tuto problematiku v zákoně nijak ošetřenu. V dalších zemích jsou již stanoveny nejružnější stupně regulace. Spektrum se pohybuje od úplného zákazu tvorby, výzkumu a veškerého nakládání s embryonálními kmenovými buňkami, až po právní systémy umožňující s určitou regulací i techniky, jako je tvorba embryí klonováním, nebo transplantace somatických jader do vajíčka jiného živočišného druhu.

Česká republika

Česká republika má tvorbu a nakládání s embryonálními kmenovými buňkami ošetřenu zákonem číslo 227/2006 Sb. Podle tohoto zákona přísluší dozor nad tvorbou a výzkumem embryonálních kmenových buněk Ministerstvu školství, mládeže a tělovýchovy.

Nakládat s embryonálními kmenovými buňkami mohou pouze právnické osoby, které prokážou svou způsobilost. Musí splnit určité podmínky, mezi které se řadí výzkumná činnost na patřičné úrovni v oboru, kvalifikovaný personál, materiální vybavenost a odpovídající výzkumný program. Rovněž se musí jednat o výzkum,

který nelze provádět na jiném materiálu, např. na zvířecích embryonálních kmenových buňkách.

Pro tyto účely má ministerstvo poradní sbor expertů – bioetickou komisi. Ta posuzuje, zda žadatel o nakládání s embryonálními kmenovými buňkami splňuje všechny předepsané podmínky.

Ministerstvo může povolit tvorbu nových linií embryonálních kmenových buněk z „nadbytečných“ embryí po in vitro fertilizaci. Nutný je ovšem poučený souhlas páru, který embrya k výzkumu poskytl. Tvorbu embryí metodou přenosu jader tělních buněk, nebo mezidruhový přenos české právní normy neumožňují.

Velká Británie

Jako úplně první se musela legislativně vypořádat s nakládáním s lidskými embryi Velká Británie. Již v roce 1978 zde bylo provedeno první úspěšné in vitro oplození (Steptoe a Edwards, 1978).

Až do roku 2008 platila v Británii právní norma z roku 1990 doplněná v roce 2001 nazývaná Human Fertilisation and Embryology Act. Ten určuje sbor expertů z řad vědců, lékařů, teologů, etiků a právníků. Tento sbor nazývaný Human Fertilisation and Embryology Authority (HFEA) dohlíží na výzkum na lidských embryonálních buňkách.

Pokud jsou splněny požadované podmínky, nedovoluje HFEA jen tvorbu linií embryonálních kmenových buněk z „nadbytečných“ embryí po in vitro oplození, jako v České republice, ale i cíleně vytvořených za tímto účelem a dokonce i z embryí vzniklých přenosem jader. Od roku 2009 je povoleno i využívání jádra lidské somatické buňky v kombinaci se zvířecím ovocytem (Lovell-Badge, 2008). Dále je pro tvorbu a výzkum na lidských embryonálních buňkách zapotřebí souhlasu National Research Ethics Service (NRES), který dohlíží na dodržování práv pacientů. V případě, kdy je vytvořena nová linie embryonálních kmenových buněk, musí být umístěn její vzorek do centrální banky UK Stem Cell Bank (Lovell-Badge, 2008).

Spojené státy americké

Spojené státy americké jsou jednou z mála zemí, kde tvorba, výzkum a využívání lidských pluripotentních kmenových buněk není legislativně ošetřena. Na výzkum jsou udělovány státem jen velmi malé dotace.

Dohled nad touto oblastí měly lokální komise Institutional Review Boards a federální úřad Food and Drug Administration. Schvalovaly vývoj nových linií embryonálních kmenových buněk i terapeutické použití embryonálních kmenových buněk. Řada klíčových postupů ale regulována vůbec nebyla (Hynes et al., 2008).

V roce 2001 vydal americký prezident George Bush souhlas s výzkumem na liniích embryonálních kmenových buněk získaných před tímto termínem. Výzkum na těchto liniích byl financován z federálních zdrojů.

V té době bylo sice vyvinuto přes 60 linií. Pro další výzkumy jich však bylo vhodných sotva dvacet. Řada linií byla získána dnes již zastaralými způsoby a byly kontaminovány myšími buňkami nebo hovězím sérem, které byly používány pro kultivaci. Financování většího množství buněčných linií schválil v roce 2007 Senát a Kongres. Přesto nevešel zákon v platnost, byl vetován prezidentem Georgem Bushem. Součástí zákona byla i regulace tvorby lidských klonů. Vzhledem k tomu, že zákon byl zamítnut včetně této části, jsou Spojené státy americké jednou z mála zemí, kde tvorba lidských klonů není ilegální.

Tvorbu lidských klonů zatím ošetřují pravidla amerických vědeckých institucí National Academy of Sciences (NAS) a International Society for Stem Cell Research (ISSCR) (Daley et al., 2007). Výzkum je povolen na embryích mladších 14 dní a definováno je i získávání ovocytu. Je povoleno používání „nadbytečných“ embryí po in vitro oplození a cílená tvorba embryí oplozením ve zkumavce i přenosem somatických jader. Ani mezidruhový přenos není zakázán. Za darování vajíček nebo spermií může být vyplacena malá částka jako kompenzace vynaložených nákladů. Sumy jsou ale natolik malé, že je vyloučena komercializace.

Pravidla NAS a ISSCR vyžadují posouzení veškerých pokusů na lidských embryonálních kmenových buňkách sborem odborníků z řad vědců a etiků, ale i laické veřejnosti. Tento sbor se označuje jako Embryonic Stem Cell Research Oversight.

Komplikovaná situace ve spojených státech amerických je dána nejen absencí federálních zákonů. Jednotlivé státy navíc ošetřují problematiku vlastními právními normami. V některých státech je tvorba a výzkum embryonálních kmenových buněk zakázána, jinde jsou výzkumy financovány ze státní pokladny.

Po nástupu Baracka Obamy na post prezidenta Spojených států amerických mnozí odborníci předpokládali změnu a nastolení pořádku v chaotické legislativě týkající se embryonálních kmenových buněk (Holden, 2008). K žádným výraznějším změnám však nedošlo.

4. Materiál a metody

Příprava příručky

Na základě studia aktuální dostupné odborné literatury byla vytvořena příručka určená pro základní seznámení učitelů středních škol s problematikou pluripotentních kmenových buněk a s etickými aspekty této problematiky. Zpracovávaná literatura byla vybrána tak, aby co nejvíce odpovídala aktuální situaci vývoje a nových objevů v oblasti výzkumu pluripotentních kmenových buněk. Pro použití ve školní praxi byly zvoleny i příklady, na kterých je možné studentům ukázat význam a možnosti pluripotentních kmenových buněk formou některých aktivizačních metod, jako je vyprávění, nebo diskuse. Články byly vyhledávány pomocí aplikací Web Of Science. Texty článků byly získány ze zdrojů Národní lékařské knihovny a „open access“ vyhledaných aplikací Google Scholar.

Příprava PowerPointové prezentace pro učitele

Byla vypracována PowerPointová prezentace pro učitele s třinácti snímky v časovém rozsahu přibližně deset minut. Informace v prezentaci vychází z informací v příručce pro učitele. Obrazový materiál pro prezentaci byl získán ze zdrojů „open access“ (např. www.wikimedia.org).

Příprava materiálů pro hru

Předlohou pro didaktickou hru na téma kmenových buněk byla volně dostupná hra Playdecide (www.playdecide.eu). Hra byla přeložena do češtiny a stejně tak byly do češtiny převedeny i všechny materiály (karty s příběhy, s informacemi, otázkami i pomocné karty k diskusi, hrací plán a záznamové tabulky pro tvorbu legislativy).

Sada všech materiálů pro hru byla vyhotovena v pěti kopiích. Studenti dostali všechny materiály potřebné pro hru na začátku hodiny.

Výběr skupin pro pilotní ověření

Hra byla pilotně ověřena na dvou osmiletých gymnáziích v devíti nezávislých skupinách studentů na dvou různých gymnáziích. Pro ověření byly zvoleny poslední a předposlední ročníky osmiletých gymnázií. Výběr studentů ve věku 17 – 19 let byl motivován skutečností, že v tomto věku jsou studenti dovršením 18 let právně dospělí. V tomto období si vytvářejí vlastní hodnotový žebříček. Je pro ně proto velmi důležité zvládnout správný postup pro zaujímání etických a morálních stanovisek. Etický názor na tvorbu lidských embryonálních kmenových buněk a s nimi související otázky léčby pluripotentními kmenovými buňkami byly použity jako model pro formování a tvorbu etického stanoviska. Znalosti z oblasti biologie a všeobecný rozhled studentů septimy a oktávy osmiletých gymnázií vytvářejí dostatečný základ pro formování etického stanoviska na základě objektivních informací.

Pilotní ověření

Pilotní ověření proběhlo v dubnu 2011 na gymnáziu Jiřího Gutha – Jarkovského v Praze v rámci hodin biologického semináře. Jedná se o gymnázium se všeobecně zaměřeným studijním programem zřizovaného Magistrátem hlavního města Prahy. Gymnázium pracuje v prvních šesti letech podle vlastního vzdělávacího programu, v posledních dvou letech studia přechází na vzdělávací program Gymnázium. Ověřování zde proběhlo ve dvou ročnících osmiletého gymnázia, v septimě a v oktávě, celkově na 24 studentech. Studenti septimy vytvořili dvě skupinky, studenti oktávy skupinky tři.

Další fáze ověřování proběhla v říjnu 2011 na Arcibiskupském gymnáziu v Praze. V této fázi ověřování bylo cílem zjistit, jestli je hra použitelná pro širší spektrum pedagogů. Vyučovací jednotku tedy vedla spolužačka v rámci svých pedagogických praxí. Zřizovatelem Arcibiskupského gymnázia je Arcibiskupství pražské. Ověřování proběhlo v septimě na 24 studentech. Studenti byli rozděleni do čtyř skupinek.

Při prvním pilotním ověřování jsem postupovala ve hře co nejvíce podle pravidel anglického originálu hry. Zde autor doporučuje skupinky po 4 – 8 hráčích. Studenti se sami rozdělili do dvou skupinek, z nich jedna měla pět hráčů, druhá sedm. Do skupinek jsem rozdala po sadě hracích kartiček a každý jednotlivec obdržel vlastní hrací plán.

S průběhem a pravidly hry jsme se se studenty seznámili společně, instrukce byly navíc uvedeny na tabuli i v hracím plánu. Podle návodu si studenti přečetli základní informace o kmenových buňkách z hracího plánu. Následně se seznámili postupně s informacemi ze všech hracích kartiček a vybrali si ty, které pro ně byly nejzajímavější, nebo nejvíce dokládaly jejich názor. Zvolené kartičky položili před sebe na svůj hrací plán a přečetli je svým spoluhráčům. Tato fáze trvala přibližně třicet minut.

Hlavním úkolem druhé fáze bylo vybrat jedno, nebo více témat z dané oblasti. Nad zvolenými tématy studenti dále diskutovali za dodržení všech předem stanovených pravidel diskuse. Tvrzení bylo možné dokládat informacemi z kartiček, pokud někdo pravidla diskuse porušil, mohl být napomenut žlutou kartou. Pokud diskuse vázla, studenti mohli využít kartiček s výzvami a diskutovat s jejich pomocí. Tato fáze hry trvá rovněž asi třicet minut.

V poslední fázi se studenti pokusí navrhnout a odhlasovat regulaci nakládání s kmenovými buňkami. Na výběr mají ze čtyř různě liberálních možností:

1. Výzkum kmenových buněk by měl být prováděn jedině na dospělých kmenových buňkách nebo buňkách z krve z pupeční šňůry.
2. Výzkum kmenových buněk může být prováděn s použitím „nadbytečných“ embryí mladších, než 14 dní, která by byla stejně zničena.
3. Výzkum kmenových buněk může být prováděn s použitím „nadbytečných“ embryí mladších, než 14 dní, nebo na embryích vytvořených oplozením ve zkumavce speciálně pro výzkum.

4. Výzkum na kmenových buňkách může být prováděn na „nadbytečných“ embryích mladších, než 14 dní, nebo na embryích vytvořených speciálně pro výzkum oplozením ve zkumavce nebo klonováním.

Pokud by si z těchto možností nevybrali, mohou navrhnout vlastní znění zákona. Preference jednotlivých možností byly zaznamenávány do tabulky a následně vyhodnoceny.

Na připravenou kartičku studenti krátce shrnuli výsledky diskuse nad zvoleným tématem z oblasti problematiky pluripotentních kmenových buněk.

Tato fáze hry trvá cca. 20 minut. Celkově hra trvá dvě vyučovací jednotky, v ideálním případě nepřerušené přestávkou.

Statistické hodnocení

Výsledky hlasování žáků byly zpracovány pomocí programu Microsoft Excel ve formě tabulek a grafů, následně byla provedena statistická analýza metodou χ^2 testu. Za staticky průkazné byly považovány rozdíly na hladině významnosti 0,05.

5. Výsledky

Příručka pro učitele středních škol

Příručka pro učitele středních škol se skládá ze dvou částí – biologické a etické. Biologická část obsahuje stručné informace o raném vývoji savčího embrya a definici pluripotence. Seznámí čtenáře se základními vlastnostmi kmenových buněk a jejich významu v živém organismu i jejich možnostech v nových léčebných postupech. Uvádí přehled momentálně dostupných technik pro tvorbu pluripotentních kmenových buněk od velmi diskutovaných embryonálních kmenových buněk, až po buňky z pupečnickové krve nebo indukované pluripotentní kmenové buňky.

Etická část se zabývá využitím kmenových buněk a morálními hledisky provázejícími tuto problematiku. Uvádí modelové příklady názorů na otázku počátku

lidského života a problematiku využití kmenových buněk. Součástí jsou i příklady právní regulace v některých zemích. (viz příloha)

PowerPointová prezentace

PowerPointová prezentace doplňuje informace obsažené v příručce.

Příprava materiálů pro hru

Námět pro didaktickou hru je převzatý ze zahraničí (www.playdecide.eu). Při překladu do češtiny byly provedeny drobné úpravy v pravidlech hry. Přestože se jedná o cizojazyčný materiál, příběhy, příklady a otázky byly voleny velmi vhodně i pro biologické vzdělávání na českých školách a obsahové modifikace nebyly zapotřebí.

Výběr skupin pro pilotní ověření

Škola pro první pilotní ověření nebyla vybírána cíleně. Při druhém pilotním ověření byla zvolena škola, kde se dal očekávat zvýšený počet věřících studentů a proto i odlišný náhled na problematiku kmenových buněk.

Pilotní ověření

Mezi studenty všeobecného státního gymnázia převládají názory podporující tvorbu a výzkum embryonálních kmenových buněk včetně tvorby kmenových buněk z embryí vzniklých metodou přenosu jader (viz tabulka 1-5 a graf 1). Studenti církevního gymnázia upřednostňují tvorbu a výzkum dospělých kmenových buněk a buněk z pupečnickové krve (viz tabulka 6-9 a graf 2). Rozdíly v názorových spektrech mezi stáním a církevním gymnáziem jsou statisticky průkazné. Možnost vytvoření vlastní varianty návrhu regulace tvorby a výzkumu pluripotentních kmenových buněk žádná skupina nevyužila.

Pod tabulkou každé skupiny je uveden i závěr, ke kterému studenti došli během diskuse na zvolené téma z oblasti problematiky pluripotentních kmenových buněk.

Výsledky gymnázia Jiřího Gutha – Jarkovského

Tabulka č. 1 – Přehled postojů ve skupině 1 na Gymnáziu Jiřího Gutha - Jarkovského

| stanovisko | postoj | | | |
|------------|--------|---|---|---|
| | A | B | C | D |
| +++ | 0 | 5 | 0 | 0 |
| ++ | 0 | 0 | 4 | 0 |
| + | 0 | 0 | 0 | 3 |
| - | 0 | 0 | 1 | 0 |
| -- | 0 | 0 | 0 | 0 |
| --- | 5 | 0 | 0 | 2 |

Varianty postojů - A - Výzkum kmenových buněk by měl být prováděn jedině na dospělých kmenových buňkách nebo buňkách z krve z pupeční šňůry.

B - Výzkum kmenových buněk může být prováděn s použitím „nadbytečných“ embryí mladších, než 14 dní, která by byla stejně zničena.

C - Výzkum kmenových buněk může být prováděn s použitím „nadbytečných“ embryí mladších, než 14 dní, nebo na embryích vytvořených oplozením ve zkumavce speciálně pro výzkum.

D - Výzkum na kmenových buňkách může být prováděn na „nadbytečných“ embryích mladších, než 14 dní, nebo na embryích vytvořených speciálně pro výzkum oplozením ve zkumavce nebo klonováním.

škála stanovisek - + + + naprosto souhlasím, + + souhlasím, + spíše souhlasím,

- spíše nesouhlasím, - - nesouhlasím, - - - naprosto nesouhlasím

Skupina došla k závěru, že výzkum kmenových buněk je velmi užitečný. Embryo je sice živý organismus, ale na velice nízké úrovni. Vyrovná se jiným primitivním organismům. Pokud je embryo mladší, než 14 dní, je škoda ho jen tak zničit, když by to mohlo někomu pomoci.

Tabulka č. 2 – Přehled postojů ve skupině 2 na Gymnáziu Jiřího Gutha - Jarkovského

| stanovisko | postoj | | | |
|------------|--------|---|---|---|
| | A | B | C | D |
| +++ | 0 | 0 | 4 | 3 |
| ++ | 1 | 0 | 2 | 2 |
| + | 2 | 4 | 0 | 1 |
| - | 2 | 1 | 0 | 0 |
| -- | 1 | 1 | 0 | 0 |
| --- | 0 | 0 | 0 | 0 |

Varianty postojů - A - Výzkum kmenových buněk by měl být prováděn jedině na dospělých kmenových buňkách nebo buňkách z krve z pupeční šňůry.

B - Výzkum kmenových buněk může být prováděn s použitím „nadbytečných“ embryí mladších, než 14 dní, která by byla stejně zničena.

C - Výzkum kmenových buněk může být prováděn s použitím „nadbytečných“ embryí mladších, než 14 dní, nebo na embryích vytvořených oplozením ve zkumavce speciálně pro výzkum.

D - Výzkum na kmenových buňkách může být prováděn na „nadbytečných“ embryích mladších, než 14 dní, nebo na embryích vytvořených speciálně pro výzkum oplozením ve zkumavce nebo klonováním.

škála stanovisek - + + + naprosto souhlasím, + + souhlasím, + spíše souhlasím,

- spíše nesouhlasím, - - nesouhlasím, - - - naprosto nesouhlasím

Skupina se shodla ve využití „nadbytečných“ embryí mladších 14 dní nebo embryí vytvořených oplozením ve zkumavce speciálně pro výzkum.

Tabulka č. 3 – Přehled postojů ve skupině 3 na Gymnáziu Jiřího Gutha - Jarkovského

| stanovisko | postoj | | | |
|------------|--------|---|---|---|
| | A | B | C | D |
| +++ | 0 | 1 | 3 | 5 |
| ++ | 0 | 2 | 2 | 0 |
| + | 3 | 2 | 0 | 0 |
| - | 2 | 0 | 0 | 0 |
| -- | 0 | 0 | 0 | 0 |
| --- | 0 | 0 | 0 | 0 |

Varianty postojů - A - Výzkum kmenových buněk by měl být prováděn jedině na dospělých kmenových buňkách nebo buňkách z krve z pupeční šňůry.

B - Výzkum kmenových buněk může být prováděn s použitím „nadbytečných“ embryí mladších, než 14 dní, která by byla stejně zničena.

C - Výzkum kmenových buněk může být prováděn s použitím „nadbytečných“ embryí mladších, než 14 dní, nebo na embryích vytvořených oplozením ve zkumavce speciálně pro výzkum.

D - Výzkum na kmenových buňkách může být prováděn na „nadbytečných“ embryích mladších, než 14 dní, nebo na embryích vytvořených speciálně pro výzkum oplozením ve zkumavce nebo klonováním.

škála stanovisek - + + + naprosto souhlasím, + + souhlasím, + spíše souhlasím,

- spíše nesouhlasím, - - nesouhlasím, - - - naprosto nesouhlasím

Souhlasíme s využitím kmenových buněk, které by nemělo být omezováno zbytečnými morálními a etickými zásadami. Naopak, přílišná regulace je nežádoucí.

Tabulka č. 4 – Přehled postojů ve skupině 4 na Gymnáziu Jiřího Gutha - Jarkovského

| stanovisko | postoj | | | |
|------------|--------|---|---|---|
| | A | B | C | D |
| +++ | 0 | 4 | 0 | 0 |
| ++ | 1 | 1 | 2 | 1 |
| + | 2 | 1 | 1 | 1 |
| - | 2 | 0 | 3 | 1 |
| -- | 1 | 0 | 0 | 3 |
| --- | 0 | 0 | 0 | 0 |

Varianty postojů - A - Výzkum kmenových buněk by měl být prováděn jedině na dospělých kmenových buňkách nebo buňkách z krve z pupeční šňůry.

B - Výzkum kmenových buněk může být prováděn s použitím „nadbytečných“ embryí mladších, než 14 dní, která by byla stejně zničena.

C - Výzkum kmenových buněk může být prováděn s použitím „nadbytečných“ embryí mladších, než 14 dní, nebo na embryích vytvořených oplozením ve zkumavce speciálně pro výzkum.

D - Výzkum na kmenových buňkách může být prováděn na „nadbytečných“ embryích mladších, než 14 dní, nebo na embryích vytvořených speciálně pro výzkum oplozením ve zkumavce nebo klonováním.

škála stanovisek - + + + naprosto souhlasím, + + souhlasím, + spíše souhlasím,

- spíše nesouhlasím, - - nesouhlasím, - - - naprosto nesouhlasím

Skupina je jednoznačně pro to, aby se zužitkovala nadbytečná embrya mladší než 14 dní, která by byla stejně zničena. Většina skupina nesouhlasí s klonováním.

Tabulka č. 5 – Přehled postojů ve skupině 5 na Gymnáziu Jiřího Gutha - Jarkovského

| stanovisko | postoj | | | |
|------------|--------|---|---|---|
| | A | B | C | D |
| +++ | 1 | 1 | 1 | 1 |
| ++ | 0 | 1 | 3 | 2 |
| + | 0 | 4 | 3 | 1 |
| - | 2 | 1 | 0 | 3 |
| -- | 4 | 0 | 0 | 0 |
| --- | 0 | 0 | 0 | 0 |

Varianty postojů - A - Výzkum kmenových buněk by měl být prováděn jedině na dospělých kmenových buňkách nebo buňkách z krve z pupeční šňůry.

B - Výzkum kmenových buněk může být prováděn s použitím „nadbytečných“ embryí mladších, než 14 dní, která by byla stejně zničena.

C - Výzkum kmenových buněk může být prováděn s použitím „nadbytečných“ embryí mladších, než 14 dní, nebo na embryích vytvořených oplozením ve zkumavce speciálně pro výzkum.

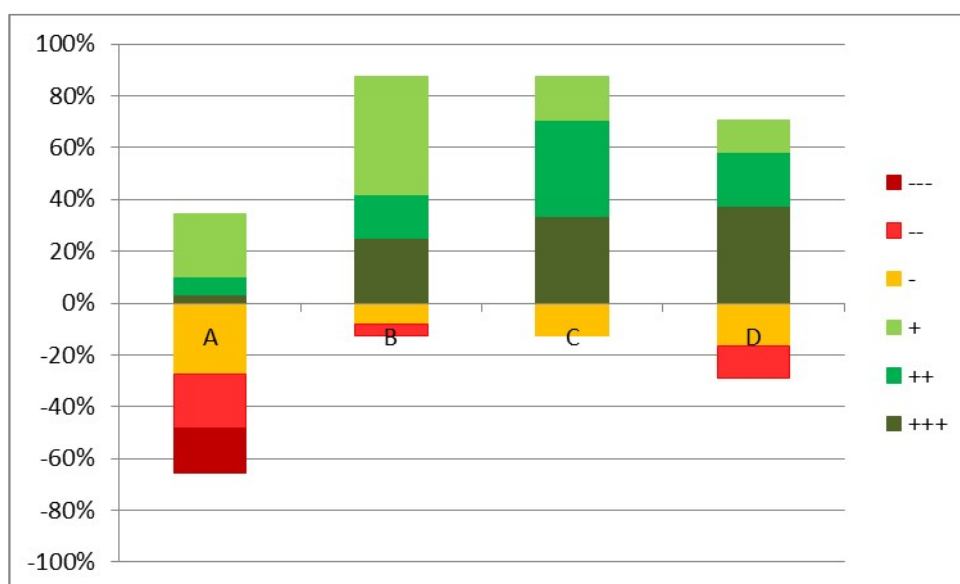
D - Výzkum na kmenových buňkách může být prováděn na „nadbytečných“ embryích mladších, než 14 dní, nebo na embryích vytvořených speciálně pro výzkum oplozením ve zkumavce nebo klonováním.

škála stanovisek - + + + naprosto souhlasím, + + souhlasím, + spíše souhlasím,

- spíše nesouhlasím, - - nesouhlasím, - - - naprosto nesouhlasím

Podle naší skupiny toto téma není tak kontroverzní, jak se zdá. Jediné, o čem se dá diskutovat, je jen získávání buněk z embryí a od toho se odvíjí celá diskuse. Pro specifický názor nemáme dostatek informací.

Graf č.1 – Přehled postojů na státním gymnáziu Jiřího Gutha – Jarkovského.



Varianty postojů - A - Výzkum kmenových buněk by měl být prováděn jedině na dospělých kmenových buňkách nebo buňkách z krve z pupeční šňůry.

B - Výzkum kmenových buněk může být prováděn s použitím „nadbytečných“ embryí mladších, než 14 dní, která by byla stejně zničena.

C - Výzkum kmenových buněk může být prováděn s použitím „nadbytečných“ embryí mladších, než 14 dní, nebo na embryích vytvořených oplozením ve zkumavce speciálně pro výzkum.

D - Výzkum na kmenových buňkách může být prováděn na „nadbytečných“ embryích mladších, než 14 dní, nebo na embryích vytvořených speciálně pro výzkum oplozením ve zkumavce nebo klonováním.

škála stanovisek - + + + naprosto souhlasím, + + souhlasím, + spíše souhlasím,

- spíše nesouhlasím, - - nesouhlasím, - - - naprosto nesouhlasím

Výsledky - Arcibiskupské gymnázium

Tabulka č. 6 – Přehled postojů ve skupině 6 na Arcibiskupském gymnáziu

| stanovisko | postoj | | | |
|------------|--------|---|---|---|
| | A | B | C | D |
| +++ | 6 | 0 | 0 | 0 |
| ++ | 0 | 0 | 0 | 0 |
| + | 0 | 0 | 0 | 0 |
| - | 0 | 6 | 0 | 0 |
| -- | 0 | 0 | 6 | 0 |
| --- | 0 | 0 | 0 | 6 |

Varianty postojů - A - Výzkum kmenových buněk by měl být prováděn jedině na dospělých kmenových buňkách nebo buňkách z krve z pupeční šňůry.

B - Výzkum kmenových buněk může být prováděn s použitím „nadbytečných“ embryí mladších, než 14 dní, která by byla stejně zničena.

C - Výzkum kmenových buněk může být prováděn s použitím „nadbytečných“ embryí mladších, než 14 dní, nebo na embryích vytvořených oplozením ve zkumavce speciálně pro výzkum.

D - Výzkum na kmenových buňkách může být prováděn na „nadbytečných“ embryích mladších, než 14 dní, nebo na embryích vytvořených speciálně pro výzkum oplozením ve zkumavce nebo klonováním.

škála stanovisek - + + + naprosto souhlasím, + + souhlasím, + spíše souhlasím,

- spíše nesouhlasím, - - nesouhlasím, - - - naprosto nesouhlasím

Tabulka č. 7 – Přehled postojů ve skupině 7 na Arcibiskupském gymnáziu

| stanovisko | postoj | | | |
|------------|--------|---|---|---|
| | A | B | C | D |
| +++ | 6 | 0 | 0 | 0 |
| ++ | 0 | 0 | 0 | 0 |
| + | 0 | 0 | 0 | 0 |
| - | 0 | 0 | 0 | 0 |
| -- | 0 | 0 | 0 | 0 |
| --- | 0 | 6 | 6 | 6 |

Varianty postojů - A - Výzkum kmenových buněk by měl být prováděn jedině na dospělých kmenových buňkách nebo buňkách z krve z pupeční šňůry.

B - Výzkum kmenových buněk může být prováděn s použitím „nadbytečných“ embryí mladších, než 14 dní, která by byla stejně zničena.

C - Výzkum kmenových buněk může být prováděn s použitím „nadbytečných“ embryí mladších, než 14 dní, nebo na embryích vytvořených oplozením ve zkumavce speciálně pro výzkum.

D - Výzkum na kmenových buňkách může být prováděn na „nadbytečných“ embryích mladších, než 14 dní, nebo na embryích vytvořených speciálně pro výzkum oplozením ve zkumavce nebo klonováním.

škála stanovisek - + + + naprosto souhlasím, + + souhlasím, + spíše souhlasím,

- spíše nesouhlasím, - - nesouhlasím, - - - naprosto nesouhlasím

Výzkum by měl probíhat pouze na dospělých kmenových buňkách nebo na buňkách z krve z pupeční šňůry. Použití embryí k těmto účelům je eticky naprosto nepřijatelné, protože může zmařit statisíce potenciálních lidských životů v zárodku pro záchranu mnohem menšího počtu lidí. Lidský život nelze prodlužovat donekonečna. V zemích třetího světa je potřeba základní pomoc a my místo toho vynaložíme miliardy na to, abychom si ještě více vylepšili a prodloužili naše životy a zavírali oči nad tím, že na vedlejší kontinentě mají průměrnou délku života o čtyřicet let nižší.

Tabulka č. 8 – Přehled postojů ve skupině 8 na Arcibiskupském gymnáziu

| stanovisko | postoj | | | |
|------------|--------|---|---|---|
| | A | B | C | D |
| +++ | 6 | 0 | 0 | 0 |
| ++ | 0 | 6 | 0 | 0 |
| + | 0 | 0 | 0 | 0 |
| - | 0 | 0 | 0 | 0 |
| -- | 0 | 0 | 6 | 0 |
| --- | 0 | 0 | 0 | 6 |

Varianty postojů - A - Výzkum kmenových buněk by měl být prováděn jedině na dospělých kmenových buňkách nebo buňkách z krve z pupeční šňůry.

B - Výzkum kmenových buněk může být prováděn s použitím „nadbytečných“ embryí mladších, než 14 dní, která by byla stejně zničena.

C - Výzkum kmenových buněk může být prováděn s použitím „nadbytečných“ embryí mladších, než 14 dní, nebo na embryích vytvořených oplozením ve zkumavce speciálně pro výzkum.

D - Výzkum na kmenových buňkách může být prováděn na „nadbytečných“ embryích mladších, než 14 dní, nebo na embryích vytvořených speciálně pro výzkum oplozením ve zkumavce nebo klonováním.

škála stanovisek - + + + naprosto souhlasím, + + souhlasím, + spíše souhlasím,

- spíše nesouhlasím, - - nesouhlasím, - - - naprosto nesouhlasím

Podporujeme výzkum kmenových buněk z pupečnickové krve a také banky pupečnickové krve. Ale připouštíme i výzkum na nadbytečných embryích. Peníze by se neměly soustředit jen do nepotřebného výzkumu pro pohodlí Evropanů. Měly by být rozděleny spravedlivě, i na léčbu lidí, jako je Tomaini Minde. Je smyslem lidského života co nejvíce si jej prodloužit?

Tabulka č. 9 – Přehled postojů ve skupině 9 na Arcibiskupském gymnáziu

| stanovisko | postoj | | | |
|------------|--------|---|---|---|
| | A | B | C | D |
| +++ | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ++ | 6 | 0 | 0 | 0 |
| + | 0 | 0 | 0 | 0 |
| - | 0 | 6 | 6 | 0 |
| -- | 0 | 0 | 0 | 6 |
| --- | 0 | 0 | 0 | 0 |

Varianty postojů - A - Výzkum kmenových buněk by měl být prováděn jedině na dospělých kmenových buňkách nebo buňkách z krve z pupeční šňůry.

B - Výzkum kmenových buněk může být prováděn s použitím „nadbytečných“ embryí mladších, než 14 dní, která by byla stejně zničena.

C - Výzkum kmenových buněk může být prováděn s použitím „nadbytečných“ embryí mladších, než 14 dní, nebo na embryích vytvořených oplozením ve zkumavce speciálně pro výzkum.

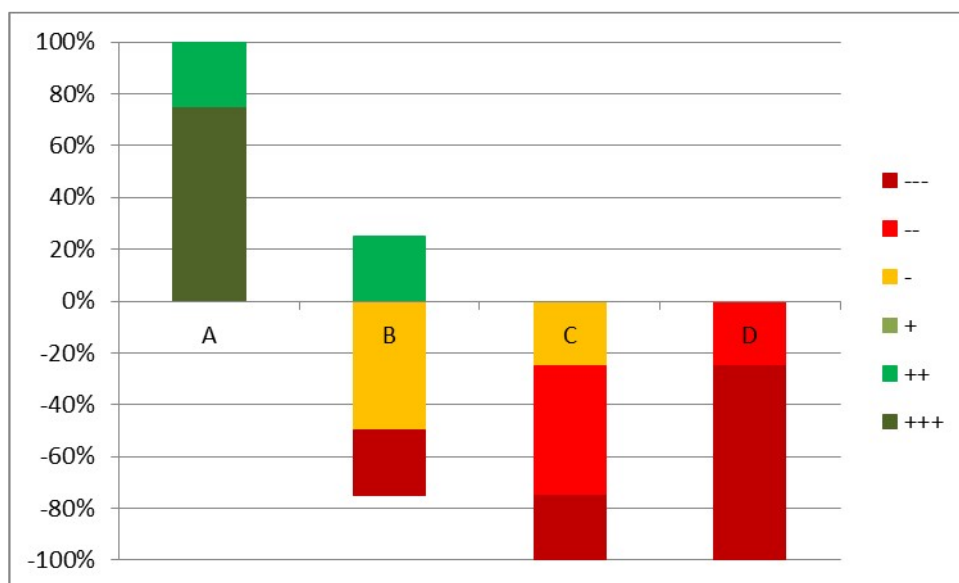
D - Výzkum na kmenových buňkách může být prováděn na „nadbytečných“ embryích mladších, než 14 dní, nebo na embryích vytvořených speciálně pro výzkum oplozením ve zkumavce nebo klonováním.

škála stanovisek - + + + naprosto souhlasím, + + souhlasím, + spíše souhlasím,

- spíše nesouhlasím, - - nesouhlasím, - - - naprosto nesouhlasím

Je jistě těžké najít hranici mezi umělým držením při životě, přirozenou smrtí a rukou podávanou k pomoci (výzkum nových prostředků). Zdržujeme se vyjádření z důvodu nedostatku informací ohledně rozdílné kvality kmenových buněk získaných z různých zdrojů.

Graf č.2 – Přehled postojů na církevním Arcibiskupském gymnáziu.



Varianty postojů - A - Výzkum kmenových buněk by měl být prováděn jedině na dospělých kmenových buňkách nebo buňkách z krve z pupeční šňůry.

B - Výzkum kmenových buněk může být prováděn s použitím „nadbytečných“ embryí mladších, než 14 dní, která by byla stejně zničena.

C - Výzkum kmenových buněk může být prováděn s použitím „nadbytečných“ embryí mladších, než 14 dní, nebo na embryích vytvořených oplozením ve zkumavce speciálně pro výzkum.

D - Výzkum na kmenových buňkách může být prováděn na „nadbytečných“ embryích mladších, než 14 dní, nebo na embryích vytvořených speciálně pro výzkum oplozením ve zkumavce nebo klonováním.

škála stanovisek - + + + naprosto souhlasím, + + souhlasím, + spíše souhlasím,

- spíše nesouhlasím, - - nesouhlasím, - - - naprosto nesouhlasím

6. Diskuse

V rámci diplomové práce byla vytvořena příručka pro pedagogy zabývající se problematikou pluripotentních kmenových buněk. Příručku doplňuje prezentace

v programu PowerPoint. S využitím materiálů evropského projektu Playdecide byla vypracována didaktická hra zaměřená na problematiku pluripotentních kmenových buněk. Hra byla pilotně ověřena a na základě zkušeností byly provedeny drobné úpravy pravidel.

Příručka pro učitele středních škol zaměřená na problematiku pluripotentních kmenových buněk poskytuje přehledný a ucelený souhrn aktuálních informací. Velkým problémem společným pro všechny rychle se rozvíjející obory je aktuálnost uvedených dat. V řadě oborů se situace neustále mění a než dojde k vydání publikace pro veřejnost, některá uvedená fakta už nemusí platit. Oblast pluripotentních kmenových buněk se potýká se stejnými obtížemi. Řešení by se nabízelo v podobě příručky dostupné online. Takovouto příručku by bylo možné neustále doplňovat, aktualizovat a upravovat. Tato forma informační příručky by mohla být obohacena o řadu fotografií, schémat, nákrešů i videí. Bylo by možné doplnit i o odkazy na další zajímavé publikace a články, které by v papírové příručce velmi rychle zastaraly a nebylo by je možné použít. Další výhodou je snadná distribuce mezi pedagogy.

Při praktickém ověření ve třídách se hra PlayDecide osvědčila. Žáci snadno pochopili pravidla, byli s to načerpat potřebné informace a dokázali formulovat závěry. Už na základě zkušeností získaných během pilotního ověření s prvními dvěma skupinami studentů se ukázala potřeba zdůraznit studentům některé zásady a ve vlastní hře provést několik drobných změn, které zefektivní a usnadní průběh výukové jednotky. Tato mírně upravená varianta byla odzkoušena na zbývajících skupinách žáků a plně se osvědčila.

V prvních dvou ověřovacích skupinách byly i sedmičlenné pracovní týmy jako a ty se ukázaly jako příliš početné. Ideální počet hráčů je spíše nižší. V příliš velkém týmu studentů se méně průbojní jedinci obtížně dostávali ke slovu a nakonec v něm diskutovalo pouze několik jedinců. Je důležité věnovat pozornost i složení jednotlivých týmů. Pokud se v malém týmu sejde několik méně komunikativních jedinců, diskuse vázne a nepomohou ani pomocné kartičky. Na druhou stranu, pokud vyučující pracuje se studenty již delší dobu, může vzniku takovýchto málo aktivních skupinek zabránit.

Individuální studium problematiky z hracího plánu jsem nahradila společným čtením. Během společného čtení studenti snáze udržují pozornost a zájem o hru.

Při výběru kartiček s příběhem, informací, nebo s otázkou, které připadají studentů důležité, dochází často zejména ve větších skupinách k situaci, kdy si dva žáci zvolí stejnou kartičku. Originální anglická hra tuto situaci nijak neřeší. Vybavit každého studenta kompletní sadou kartiček by bylo neúnosné už z hlediska časové náročnosti přípravy každé hrací sady. Navíc při výměně kartiček mezi studenty dochází k četným interakcím a následná diskuse je živější, než kdyby studenti samostatně studovali své vlastní materiály. Pokud ale student nemá na hracím plánu vyložené všechny kartičky, jeho spoluhráči nemají přehled o jeho názorech. Zvolila jsem proto variantu, kdy studenti napíší název kartičky na bílou kartu určenou k poznámkám, nebo přímo na hrací plán. Vzhledem k tomu, že kartu má na svém plánu již vyloženou jiný člen skupiny, hráči se na ni mohou kdykoli detailněji podívat.

Vyučující by do diskuse studentů neměl zasahovat. Někteří studenti potom mají tendenci ztotožnit se s názorem pedagoga, automaticky jeho názor pokládají za správný. Je důležité studentům zdůraznit, že na základě stejných faktů lze dojít k řadě různých závěrů. Žádný ze závěrů nelze vyzdvihnout, jako lepší. Pokud studenti při tvorbě názoru postupovali důsledně od premis k závěrům, jsou všechny závěry rovnocenné a správné.

Obtížný je i nezaujatý pohled na problém. Většina studentů si již na počátku hry s sebou přináší jisté předpoklady, nebo předsudky. Velmi obtížně se odpoutávají od původního úhlu pohledu a nahlíží na problém z různých hledisek. Odstranění tohoto nedostatku pomáhají diskusní metody. Během diskuse student často objeví aspekty problému, které sám nebyl schopen odhalit. Nezaujatý přístup spoluhráčů mu odhaluje nové souvislosti a pomáhá analyzovat problém z různých hledisek.

Největší potíže studenti nemají s vytvořením vlastního názoru, mnohem obtížnější je uvědomit si, co z jejich názoru vyplývá a zvážit všechny důsledky svého rozhodnutí.

Vzhledem k malému počtu škol zapojených do pilotního ověření, nelze z výsledků vyvozovat obecně platné závěry o názorovém spektru mezi středoškolskými studenty. Jak ale vyplývá ze statisticky průkazného rozdíly mezi názorovými spektry studentů obou škol, v nichž proběhlo pilotní testování, lze

očekávat, že názorové spektrum bude v rámci populace středoškolských studentů poměrně pestré.

Podpora výzkumu a tvorby embryonálních kmenových buněk studentů státního gymnázia se všeobecným zaměřením byla až překvapivě vysoká. Kladně se vyjadřovali i o kmenových buňkách vytvořených z embryí vytvořených metodou přenosu jader. Výsledky jsou zajímavé zejména ve srovnání s některými dalšími evropskými zeměmi, které se projektu účastnily. Přes sedmdesát procent studentů vyslovilo souhlas s vytvářením embryonálních kmenových buněk z embryí vytvořených metodou přenosu jader. Z výsledků uvedených na webových stránkách projektu

PlayDecide

(http://www.playdecide.eu/view_the_results/results/227/country/se) lze vyvodit, že velmi podobně dopadlo hlasování mezi švédskými studenty. Z nich souhlasí s tvorbou embryonálních kmenových buněk tímto postupem 74%. Návrh tvorby embryonálních kmenových buněk z embryí vzniklých cíleným oplozením získal u českých studentů 88%, u švédských 85% (www.playdecide.eu).

Studenti Arcibiskupského gymnázia ke tvorbě embryonálních kmenových buněk vyjádřili výrazný nesouhlas. Nepřijatelná je pro ně tvorba embryí cíleným oplozením in vitro i tvorba embryí přenosem jader. Čtvrtina z nich by však souhlasila s použitím „nadbytečných“ embryí po léčbě neplodnosti metodou in vitro oplození. Předpokládala jsem, že názory studentů církevního gymnázia by se mohly blížit názorům účastníků z Itálie, kde se počet věřících v populaci pohybuje mezi 85 – 90%. Jak vyplývá z výsledků uvedených na webu hry PlayDecide (http://www.playdecide.eu/view_the_results/results/227/country/it) italští studenti jsou překvapivě tolerantní. Přes třicet procent hlasujících dokonce souhlasí s tvorbou embryonálních kmenových buněk z embryí vytvořených metodou přenosu jader. Hlasování na internetových stránkách projektu je anonymní a není tudíž možné skupinu blíže specifikovat. I vzhledem k velikosti skupiny se domnívám, že se nebude jednat o vzorek respondentů reprezentující názory běžné v zemi s takto velkým podílem katolického obyvatelstva. Další země se silnou katolickou tradicí se projektu zatím bohužel nezúčastnily. Stejně tak nejsou dostupné ani výsledky ze zemí, kde převládají jiná náboženství, např. islám, judaismus, buddhismus nebo hinduismus.

7. Závěr

Všechny vytyčené cíle diplomové práce byly splněny. Byla vypracována příručka pro středoškolské pedagogy stručně shrnující problematiku pluripotentních kmenových buněk z hlediska biologického i z hlediska etického a morálního. Příručka je doplněna prezentací v programu PowerPoint.

Byla vypracována didaktická hra s využitím materiálů evropského projektu PlayDecide. Hra byla pilotně ověřena na devíti skupinkách studentů ve věku 17 – 19 let. Pilotní ověření proběhlo úspěšně. Na základě zkušeností z prvního kola pilotního ověřování byly provedeny drobné úpravy pravidel hry. Upravená pravidla byla použita při dalším pilotním ověřování a plně se osvědčila.

Během pilotního ověřování bylo mezi středoškolskými studenty stejného věku zjištěno velmi široké názorové spektrum. V našem případě byly rozdíly v názorech dány zejména rozdílným náboženským založením jednotlivých skupin.

Didaktická hra umožňuje integraci přírodovědné a humanitní složky vzdělávání na modelovém příkladu, se kterým se studenti stále častěji setkávají v literatuře a v médiích. Studenti se poutavou aktivizační vyučovací formou seznámí nejen s problematikou pluripotentních kmenových buněk z etického a z biologického hlediska. Na tomto modelovém příkladu se naučí, jak správně postupovat při tvorbě vlastního eticky správného a podloženého názoru.

8. Použitá literatura

Aasen T., Raya A., Barrero M.J., Garreta E., Consiglio A., Gonzales F., Vassena R., Bilič J., Pekarík V., Tiscornia G., Edel M., Boue S., Belmonte J.C.I.: Efficient and rapid generation of induced pluripotent stem cells from human keratinocytes. *Nat. Biotechnol.* 26, 1276-1284, 2008.

Aboulgnar M., Serour G.I., Mansour R.T.: Ethical aspects and regulation of assisted reproduction in the Arabic-speaking world. *Reproductive BioMedicine Online* 14, 143- 146, 2007.

Adjaye J.A., Byskov A.G., Cibelli J.B., De Maria R., Minger S., Sampaolesi M., Testa G., Verfaillie C., Zernicka-Goetz M., Schöller H., Boiani M., Crosetto N., Redi C.: Pluripotency and differentiation in embryos and stem cells. *Int. J. Dev. Biol.* 52, 801-809, 2008.

Allen N.D., Barton S.C., Hilton K., Norris M.L., Surani M.A.: A functional analysis of imprinting in parthenogenetic embryonic stem cells. *Development* 120, 1473-1482, 1994.

Altmann A.: *Metody a zásady ve výuce biologii*. SPN, Praha, 1975.

Avillion A.A., Nicolis S.K., Pevny L.H., Perez L., Vivian N., Lovell-Badge R.: Multipotent cell lineage in early mouse development depend on SOX2 function. *Genes Dev.* 17, 126-140, 2003.

Azuara V., Perry P., Sauer S., Spivakov M., Jørgensen H.F., John R.M., Gouti M., Casanova M., Warnes G., Merckenschlager M., Fisher A.G.: Chromatin signatures of pluripotent cell lines. *Nature Cell Biology* 8, 532-538, 2006.

Barreto G., Schafer A., Marhold J., Stach D., Swaminathan S.K., Handa V., Doderlein G., Maltry N., Wu W., Lyko F., Niehrs C.: Gadd45a promotes epigenetic gene activation by repair-mediated DNA demethylation. *Nature* 445, 671-675, 2007

- Benagiano G., Mori M.: Evolution of thinking of the Catholic Church on the beginning of human life. *Reproductive BioMedicine Online* 14, 162-168, 2007.
- Berg P.: Drawing the line between ethical regenerative medicine research and immoral human reproductive cloning. Joseph Henry Press, Washington DC., 177, 2003.
- Bonner G.: Abortion and early Christian thought. In J.H. Channer (ed.) *Abortion and the Sanctity of Human Life*. Paternoster Press, Exeter, 1985.
- Borland R.M.: Transport process in the mammalian blastocyst. *Dev. Mammals* 1, 31-67, 1977.
- Boyer L.A., Lee T.I., Cole M.F., Johnstone S.E., Levine S.S., Zucker J.P., Guenther M.G., Kumar R.M., Murray H.L., Jenner R.G., Gifford D.K., Melton D.A., Jaenisch R., Young R.A.: Core transcriptional regulatory circuitry in human embryonic stem cells. *Cell* 122, 947-956, 2005.
- Boyer L.A., Plath K., Zeitlinger J., Brambrink T., Medeiros L.A., Lee T.I., Levine S.S., Wernig M., Tajonar A., Ray M.K., Bell G.W., Otte A.P., Vidal M., Gifford D.K., Young R.A., Jaenisch R.: Polycomb complexes repress developmental regulators in murine embryonic stem cells. *Nature* 441, 349-353, 2006.
- Brambrink T., Hochedlinger K., Bell G., Jaenisch R.: ES cells derived and fertilized blastocysts are transcriptionally and functionally indistinguishable. *PNAS* 103, 933-938, 2006.
- Braude P., Bolton V., Moore S.: Human gene expression first occurs between four- and eight-cell stages of preimplantation development. *Nature* 332, 459-462, 1988.
- Briggs R., King T.J.: Transplantation of living nuclei from blastula cells into enucleated frog eggs. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 38, 455-463, 1952.
- Brockes J.P., Kumar A.: Plasticity and reprogramming of differentiated cells in amphibian regeneration. *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.* 3, 566-574, 2002.
- Broyde M.: Informing on Others for Violating American Law: A Jewish Law View. *Jewish Law*, 1-50, 2002.

Buss M.: The beginning of human life as an ethical problem. *J. Religion* 47, 244-255, 1967.

Callahan D.: *What Price Better Health?: Hazards of the Research Imperative*. University of California Press, Berkeley California, 2003.

Cartwright P., McLean C., Sheppard A., Rivett D., Jones K., Dalton S.: LIF/STAT3 controls ES cell self-renewal and pluripotency by a Myc-dependent mechanism. *Development* 132, 885-896, 2005.

Cibelli J.B., Grant K.A., Chapman K.B., Cunniff K., Worst T., Green H.L., Walker S.J., Gutin P.H., Vilner L., Tabar V., Dominko T., Kane J., Wettstein P.J., Lanza R.P., Studer L., Vrana K.E., West M.D. Parthenogenetic stem cells in nonhuman primates. *Science* 295, 819, 2002.

Congregation for the doctrine of the faith: Instruction *Dignitas personae* on certain bioethical questions. (8 September 2008)

Congregation for the doctrine of the faith: Instruction *Donum vitae* on respect for human life at its origins and for the dignity of procreation. (22 February 1987): *AAS* 80, 70-102, 1988.

Conrad S., Renninger M., Hennenlotter J., Wiesner T., Just L., Bonin M., Aicher W., Bühring H.-J., Mattheus U., Mack A., Wagner H.-J., Minger S., Matzkies M., Reppel M., Sievert K.-D., Stenzl A., Skutella T.: Generation of pluripotent stem cells from adult human testis. *Nature* 456, 344-351, 2008.

Conti M., Giudice L.: From stem cells to germ cells and back again. *Nature Medicine* 14, 1188-1190, 2008.

Cukier K.N.: Navigating the future of biotech intellectual property. *Nature biotechnology* 24, 249-251, 2006.

Čáp J.: *Psychologie výchovy a vyučování*. Univerzita Karlova, Praha, 1993.

Čížková V. a kol.: *Katalog požadavků ke společné části maturitní zkoušky v roce 2004*. Biologie. MŠMT, Praha, 2002.

Daley G.Q., AhrlundRichter L., Auerbach J.M., Benvenisty N., Charo R.A., Chen G., Deng H.K., Goldstein L.S., Hudson K.L., Hzun I., Junn S.C., Love J., Lee E.H., McLaren A., Mummery C.L, Nakatsuji N., Racowsky C., Rooke H., Rossant J., Schöler H.K., Solbakk J.H., Taylor P., Trounson A.O., Weissman I.L., Wilmut I., Yu J., Zoloth L.: Ethics. The ISSCR guidelinesfor human embryonic stem cell research. Science 325, 603 – 604, 2007.

De Coppi P., Bartsch G., Siddiqui M.M., Xu T., Santos C.C., Perin L., Mostoslavsky G., Serre A.C., Snyder E.Y., Yoo J.J., Furth M.E., Soker S., Atala A.: Isolation of amniotic stem cell lines with potencial for therapy. Nature Biotechnology 25, 100-106, 2007.

Dezawa M., Ishikawa H., Itokazu Y., Yoshihara T., Hoshino M., Takeda S., Ide C., Nabeshima Y.:Bone marrow stromal cells generate muscel cells and repair muscle degeneration. Science 309, 314-317, 2005.

Dorff E.: Testimony before NBAC. Washington DC, 1999.

Dyce J., George M., Goodall H., Fleming T.P.: Do trophectoderm and inner cell mass in the mouse blastocyst maintain discrete cell lineages? Development 100, 685-698, 1987).

Ekkert J.J., McCallum A., Mears A., Rumsby M.G., Cameron I.T., Fleming T.P.: Specific PKC isoforms regulate blastocoel formation during mouse preimplantation development. Dev. Biol. 274, 384-401, 2004.

Evans M., Kaufman M.: Establishment in culture of pluripotential cells from mouse embryo. Nature 292, 154-156, 1981.

Fenno L.E., Ptaszek L.M., Cowan C.A.: Human embryonic stem cells: emerging technologies and practical applications. Curr. Opinion Gen. Dev. 18, 324-329, 2008.

Fleming T.P.: Quantitative analysis of cell allocation to trophectoderm and inner cell mass in the mouse embryo. Dev. Biol.119, 520-531, 1987.

Fontana D.: Psychologie ve školní praxi. Portál, Praha, 1997

French A.J., Adams C.A., Anderson L.S., Kitchen J.R., Hughes M.R., Wood S.H.: Development of human cloned blastocysts following somatic cell nuclear transfer with adult fibroblasts. *Stem Cells* 26, 485-493, 2008.

Gearhart J.: New potential for human embryonic stem cells. *Science* 282, 1061-1062, 1998.

Gilbert S.F., Tyler A.L., Zackin E.J.: Bioethics and the new embryology. Springboard for debate. Sinauer Associates, Sunderland, 2005.

Gilbert S., Singer S.R.: *Developmental Biology*. Eighth Edition, Sinauer Associates, Sunderland, 2006.

Greber B., Lehrach H., Adjaye J.: Fibroblast growth factor 2 modulates transforming growth factor beta signaling in mouse embryonic and human ESCs (hESCs) to support hESC self-renewal. *Stem Cells* 25, 455-464, 2007.

Nayernia K., Maier L.S., Wagner S., Dressel R., Lee J.H., Nolte J., Wolf F., Li M.Y., Engel W., Hasenfuss G.: Pluripotency of spermatogonial stem cells from adult mouse testis. *Nature* 440, 1199-1203, 2006.

Gurdon J.B., Melton D.A.: Nuclear reprogramming in cells. *Science* 322, 1811-1815, 2008.

Gurdon J.B., Uehlineger V.: Fertile intestine nuclei. *Nature* 210, 1240-1241, 1966.

Hall W.D., Moley K.I., Lucke J.C.: The prediction of disease risk in genomic medicine. *EMBO reports*, 22-26, 2004.

Hanna L.A., Foreman R.K., Tarasenko I.K., Kessler D.S., Labosky P.A.: Requirement for Foxd3 in maintaining pluripotent cell of the early embryo. *Genes Dev.* 16, 2650-2661, 2002.

Harlbut W.B.: Altered nuclear transfer: a way forward for embryonic stem cell reseach. *Stem Cell Rev.* 1, 293-300, 2005.

Hartl P., Hartlová H.: *Psychologický slovník*. Portál, Praha, 2000.

- Hausenbals O., Košťálová H., Miková Š., Palečková J., Slejšková J., Stang J., Straková J., Věříšová J.: Klíčové kompetence na gymnáziu. Výzkumný ústav pedagogický v Praze, Praha, 2008.
- Hirata Y., Sata M., Motomura N., Takanashi M., Suematsu Y., Ono M., Takamoto S.: Human umbilical cord blood stem cells improve cardiac function after myocardial infarction. *Biochem. Biophys. Res. Comm.* 327, 609-614, 2004.
- Hiratani I., Leskova A., Gilbert D.M.: Differentiation-induced replication timing changes are restricted to AT-rich/long interspersed nuclear element (LINE)-rich isochors. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 101, 16861-16866, 2004.
- Hockemeyer D., Soldner F., Cook E.G., Gao Q., Mitalipova M., Jaenisch R.: A drug-inducible system for direct reprogramming of human somatic cells to pluripotency. *Cell Stem Cell* 3, 346-353, 2008.
- Holden C.: Prominent Researchers Join the Attack on Stem Cell Patents. *Science* 317, 187, 2007.
- Holland S., Lebacqz K., Zoloth L.: The Human Embryonic Stem Cell Debate: Science, Ethics, and Public Policy. Massachusetts Institut of Technology, 2001.
- Huangfu D., Osafume K., Maehr R., Guo W., Eijkelenboom A., Chen S., Muhlestein W., Melton D.A.: Induction of pluripotent stem cells from primary human fibroblasts with only Oct4 and Sox2. *Nat. Biotechnol.* 11, 1269-1275, 2008a.
- Huangfu D., Osafune K., Maehr R., Guo W., Eijkelenboom A., Chen S., Muhlestein W., Melton D.A.: Induction of pluripotent stem cells by defined factors is greatly improved by small-molecule compounds. *Nat. Biotechnol.* 26, 795-797, 2008b.
- Hübner K., Fuhrmann G., Christenson L.K., Kehler J., Reinbold R., De La Fuente R., Wood J., Strauss J.F., Boiani M., Schöler H.R.: Derivation of Oocytes from Mouse Embryonic Stem Cells. *Science* 300, 1251-1256, 2003.
- Hwang W.S., Ryu Y.J., Park J.H., Park E.S., Lee E.G., Koo J.M., Jeon H.Y., Lee B.C., Kang S.K., Kim S.J., Ahn C., Hwang J.H., Park K.Y., Cibelli J.B., Moon S.Y.: Evidence of pluripotent human embryonic stem cell line derived from cloned blastocyst. *Science* 303, 1669-1674, 2004.

Hynes R.O.: Stem cells: US policies on human embryonic stem cells. *Nature Reviews Molecular Cell Biology* 9, 993-997, 2008.

Kass L.: Preventing a brave new world

Chambers I., Colby D., Robertson M., Nichols J., Lee S., Tweedie S., Smith A.: Functional expression cloning of nanog, a pluripotency sustaining factor in embryonic stem cells. *Cell* 113, 643-655, 2003.

Chan A.W.S., Dominko T., Luetjens C.M., Neuber E., Martinovich C., Hewitson L., Simerly C.R., Schatten G.P. : Clonal propagation of primate offspring by embryo splitting. *Science* 287, 317-319, 2000.

Chen Y., He Z.X., Liu A., Wang K., Mao W.W., Chu J.X., Lu Y., Fang Z.F., Shi Y.T., Yang Q.Z., Li J.S., Huang S.L., Kong X.Y., Shi Y.Z., Wang Z.Q., Xia J.H., Long Z.G., Xue Z.G., Ding W.X., Sheng H.Z.: Embryonic stem cells generated by nuclear transfer of human somatic nuclei into rabbit oocytes. *Cell Res.* 13, 251-263, 2003.

Jakobovits I.: Jewish views on abortion. In D. Walbert and J. Butler (eds.), *Abortion, Society, and Law*. The Press of Case Western Reserve University, Cleveland and London, 1973.

Jiang J., Cahn Y.S., Loh Y.H., Cai J., Tong G.Q., Lim C.A., Robson P., Zhong S., Ng H.H.: A core Klf circuitry regulates self-renewal of embryonic stem cells. *Nat. Cell Biol.* 10, 353-360, 2008.

Jiang Y., Jahagirdar B.N., Reinhardt R.L., Schwartz R.E., Keene C.D., Ortiz-Gonzales X.R., Reyes M., Lenvik T., Lund T., Blackstad M., Du J., Aldrich S., Lisberg A., Low W.C., Largaespada D.A., Verfaillie C.M.: Pluripotency of mezenchymal stem cell derived from adult marrow. *Nature* 418, 41-49, 2002a

Jiang Y., Vaessen B., Lenvik T., Blackstad M., Reyes M., Verfaillie C.M.: Multipotent progenitor cells can be isolated from postnatal murine bone marrow, muscle and brain. *Exp. Hematol.* 30, 896-904, 2002b

Johnson J., Canning J., Kaneko T., Pru J.K., Tilly J.L.: Germline stem cells and follicular renewal in the postnatal mammalian ovary. *Nature* 428, 145-150, 2004.

Johnson J., Bagley J., Skaznik-Wikiel M., Lee H.J., Adams G.B., Niikura Y., Tschudy K.S., Tilly J.C., Cortes M.L., Forkert R., Spitzer T., Iacomini J., Scadden D.T., Tilly J.L.: Oocyte generation in adult mammalian ovaries by putative germ cells in bone marrow and peripheral blood. *Cell* 122, 303-315, 2005

Jonas H.: Philosophical reflections on experimenting with human subjects. *Daedalus* 98, 219-247, 1969.

Kanatsu-Shinohara M., Inoue K., Lee J., Yoshimoto M., Ogonuki N., Miki H., Baba S., Kato T., Kazuki Y., Toyokuni S.: Generation of pluripotent stem cells from neonatal mouse testis. *Cell* 119, 1001-1012, 2004.

Kass N.E.: An Ethics Framework for Public Health. *American Journal of Public Health* 91, 1776-1782, 2001.

Kawagishi R., Tahara M., Sawada K., Morishige K., Sakata M., Tasaka K., Murata Y.: Na⁺/H⁺ exchanger-3 is involved in mouse blastocyst formation. *J. Exp. Zool.* 301A, 767-775, 2004.

Khosrotrani K., Bianchi D.W.: Multilineage of fetal cells in maternal tissue: A legacy in reverse. *J. Cell Sci.* 118, 1559-1563, 2005.

Khosrotrani K., Johnson K.L., Cha D.H., Salomon R.N., Bianchi D.W.: Transfer of fetal cells with multilineage potential to maternal tissue. *J. Amer. Med. Assoc.* 292, 75-80, 2004.

Kim J., Chu J., Shen X., Wang J., Orkin S.H.: An extended transcriptional network for pluripotency of embryonic stem cells. *Cell* 132, 1049-1061, 2008.

Klimanskaya I., Chung Y., Becker S., Lu S.J., Lanza R.: Derivation of human embryonic stem cells from single blastomeres. *Nat. Protoc.* 2, 1963-1972, 2007.

Kennedy D.: Twilight for the Enlightenment? *Science* 308, 165, 2005.

Kögler G., Sesken S., Airey J.A., Trapp T., Müschen M., Feldman N., Liedtke S., Sorg R.V., Fischer J., Rosenbaum C., Greschat S., Knipper A., Bender J., Degistrici Ö., Gao J., Caplan A.I., Colletti E.J., Müller H.W., Zanjani E., Wernet P.: A New Human Somatic Stem Cell from Placental Cord Blood with Intrinsic Pluripotent Differentiation Potential. *JEM* 200, 123-135, 2004.

Kondo T., Johnson S.A., Yoder M.C., Romand R., Hashono E.: Sonic hedgehog and retinoic acid synergistically promote sensory fate specification from bone marrow-derived pluripotent stem cells. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 112, 4789-4794, 2005.

Korbling M., Katz R.L., Khanna A., Ruifrok A.C., Rondon G., Albitar M., Champlin R.E., Estrov Z.: Hepatocytes and epithelial cells of donor origin in recipients of peripheral- blood stem cells. *N. Engl. J. Med.* 346, 738-746, 2002.

LaBarge M.A, Blau H.M.: Biological progression from adult bone marrow to mononucleate muscle stem cells to multinucleate muscle fiber in response to injury. *Cell* 111, 589-601, 2002.

Lanza R.P., Rosenthal N.: The Stem Cell Challenge. *Scientific American* 290, 92, 2004.

Laursen S.B., Møllgård K., Oliveri R.S., Brochner C.B., Byskov A.G., Andersen A.N., Hoyer P.E., Tomrup N., Yding Andersen C.: Regional differences in expression of specific markers for human embryonic stem cells. *Reprod. Biomed. Online* 15, 89-98, 2007.

Lee T.I., Jenner R.G., Boyer L.A., Guenther M.G., Levine S.S., Kumar R.M., Chevalier B., Johnstone S.E., Cole M.F., Isono K., Koseki H., Fuchikami T., Abe K., Murray H.L., Zucker J.P., Yuan B.B., Bell G.W., Herbolsheimer E., Hannett N.M., Sun K.M., Odom D.T., Otte A.P., Volkert T.L., Bartel D.P., Melton D.A., Gifford D.K., Jaenisch R., Young R.A.: Control of developmental regulators by Polycomb in human embryonic stem cells. *Cell* 125, 301-313, 2006.

Lovell-Badge R.: The regulation of human embryo and stem-cell research in the United Kingdom. *Nature Reviews Molecular Cell Biology* 9, 998-1003, 2008.

Magee K.: Ovarian hyperstimulation syndrome. *Helthwise*, 2003.

Mann C.: The coming death shortage. *Atlantic Monthly*, 92-102, 2005.

Maňák J. a kol. Alternativní metody a postupy. *PedF MU, Brno*, 1997.

Maňák J., Švec, V.: Výukové metody. *Paído, Brno*, 2003.

Mareš J., Křivohlavý J.: Komunikace ve škole. *Masarykova univerzita, Brno*, 1995.

Martin G.: Isolation of a pluripotent cell line from early mouse embryos cultured in medium conditioned by teratocarcinoma stem cells. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 78, 7634-7638, 1981.

Maslowski O.: *Didaktika biologie. Skripta Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého, Olomouc*, 1990.

Matsui Y., Zsebo K., Hogan B.L.: Derivation of pluripotential embryonic stem cells from murine primordial germ cells in culture. *Cell* 70, 841-847, 1992.

Mavilio F., Pellegrini G., Ferrari S., Di Nunzio F., Di Iorio E., Recchia A., Maruggi G., Ferrari G., Provasi E., Bonini C., Capurro S., Conti A., Magnoni C., Giannetti A., De Luca M.: Correction of junctional epidermolysis bullosa by transplantation of genetically modified epidermal stem cells. *Nature Medicine* 12, 1397-1402, 2006

Meshorer E., Yellajoshula D., George E., Scrambler P.J., Brown D.T., Misteli T.: Hyperdynamic plasticity of chromatin proteins in pluripotent embryonic stem cells. *Dev. Cell* 10, 105-116, 2006.

Minger S.L.: Interspecies SCNT-derived human embryos – a new way forward for regenerative medicine. *Regen. Med.* 2, 103-106, 2007.

Mitalipov S.M., Zhou Q., Byrne J.A., Ji W.Z., Norgren R.B., Wolf D.P.: Reprogramming following somatic cell nuclear transfer in primates is dependent upon nuclear remodeling. *Hum. Reprod.* 22, 2232-2242, 2007

Mitsui H., Tokuzawa Y., Itoh H., Segawa K., Murakami M., Takahashi K., Maruyama M., Maeda M., Yamanaka S.: The homeoprotein Nanog is required for maintenance of pluripotency in mouse epiblast and ES cells. *Cell* 113, 631-642, 2003.

Morowitz H.J., Trefil J.S.: *The facts of life: Science and the Abortion Controversy*. Oxford University Press, New York, 1992.

Musallam B.: The human embryo in Arabic scientific and religious thoughts. In G.R. Dunstan (ed.) *The Human Embryo: Aristotle and the Arabic and European Traditions*. University of Exeter Press, Exeter, 1990.

Nakagawa M., Koyanagi M., Tanabe K., Takahashi K., Ichisaka T., Aoi T., Okita K., Mochiduki Y., Takizawa N., Yamanaka S.: Generation of induced pluripotent stem cells without Myc from mouse and human fibroblasts. *Nat. Biotechnol.* 26, 101-106, 2008.

Ng R.K., Gurdon J.B.: *Nat. Cell Biol.* 10, 102-109, 2007

Nichols J., Zevnik B., Anastassiadis K., Niwa H., Klewe-Nebenius D., Chambers I., Scholer H., Smith A.: Formation of pluripotent stem cells in the mammalian embryo depends on the POU transcription factor Oct4. *Cell* 95, 379-391, 1998.

Niwa H., Miyazaki J., Smith A.: Quantitative expression of Oct-3/4 defines differentiation, dedifferentiation or self-renewal of ES cells. *Nat. Genet.* 24, 372-376, 2000.

Niwa H., Toyooka Y., Shimosato D., Strumpf D., Takahashi K., Yagi R., Rossant J.: Interaction between Oct3/4 and Cdx2 determines trophectoderm differentiation. *Cell* 123, 917-929, 2005.

Nussbaum J., Minami E., Laflamme M.A., Virag J.A.I., Ware C.B., Masino A., Muskheli V., Pabon L., Reinecke H., Murry C.E.: Transplantation of undifferentiated murine embryonic stem cells in the heart: teratoma formation and immune response. *FASEB J.* 21, 1345-1357, 2007.

Okita K., Nakagawa M., Hyenjong H., Ichisaka T., Yamanaka S.: Generation of mouse induced pluripotent stem cells without viral vector. *Science* 322, 949-953, 2008.

O'Sullivan C.M., Rancourt S.L., Liu S.Y., Rancourt D.E.: A novel murine tryptase involved in blastocyst hatching and outgrowth. *Reproduction* 122, 61-71, 2001.

Park I.H., Arora N., Huo H., Maherali N., Ahfeldt T., Shimamura A., Lensch M.W., Cowan C., Hochedlinger K., Daley G.Q.: Disease-specific induced pluripotent stem cells. *Cell* 134, 877-886, 2008.

Pedersen R.A., Wu K., Balakier H.: Origin of the inner cell mass in mouse embryos: Cell lineage analysis by microinjection. *Dev. Biol.* 117, 581-595, 1986.

Perona R.M., Wassarman P.M.: Mouse blastocyst hatch in vitro using a trypsin-like proteinase associated with cells of mural trophoblast. *Dev. Biol.* 114,42-52, 1986.

Perry P., Sauer P., Billon N., Richardson W.D., Spivakov M., Warnes G., Livesey F.J., Merckenschlager M., Fisher A.G., Azuara V.: A dynamic switch in the replication timing of key regulator genes in embryonic stem cells upon neural induction. *Cell Cycle* 3, 1645-1650, 2004.

Pesce M., Scholer H.R.: Oct4: Gatekeeper in the beginning of mammalian development. *Stem Cells* 19, 271-278.

Philpott A., Leno G.H., Laskey R.A.: Sperm decondensation in *Xenopus* egg cytoplasm is mediated by nucleoplasmin. *Cell* 65, 569- 578, 1991

Piko L., Clegg K.B.: Quantitative changes in total RNA, total poly (A), and ribosomes in mouse embryos. *Dev. Biol.* 89, 362-378, 1982

PlayDecide [online] [cit. 2012-04-20]. Dostupný z WWW:
<http://www.playdecide.eu/>

Pollard T.D., Earnshaw W.C., Lippincott-Schwartz J.: *Cell Biology*. Second edition. Saunders Elsevier, Philadelphia, 2008.

Prather R.S.: Nuclear transfer in mammals and amphibian. In: H. Schatten and G. Schatten (eds.) *The Molecular Biology of Fertilization*, Academic Press, New York, pp. 323-340.

Resnick J.L., Bixler L.S., Cheng L., Donovan P.J.: Long-term proliferation of mouse primordial germ cells in culture. *Nature* 359, 550-551, 1992.

Rideout W.M.III., Hochedlinger K., Kyba M., Daley G.Q., Jaenisch R.: Correction of genetic defect by nuclear transplantation and combined cell and gene therapy. *Cell* 109, 17-27, 2002.

Rogerson J.W.: Using the Bible in the debate about abortion. In J.H. Channer (ed.) *Abortion and the Sanctity of Human Life*. Paternoster Press, Exeter, 1985.

- Roy N.S., Cleren C., Singh S.K., Yang L., Beal M.F., Goladman S.A.: Functional engraftment of human ES cell-derived dopaminergic neurons enriched by coculture with telomerase-immortalized midbrain astrocytes. *Nat. Med.* 12, 1259-1268, 2006.
- Russ A.P., Wattler S., Colledge W.H., Aparicio S.A.J.R., Carlton M.B.L., Pearce J.J., Barton S.C., Surani M.A., Ryan K., Nehls M.C., Wilson V., Evans M.J.: Eomesodermin is required for mouse trophoblast development and mesoderm formation. *Nature* 404, 95-99, 2000.
- Saeki H., Ohsumi K., Aihara H., Ito T., Hirose S., Ura K., Kaneda Y.: Linker histone variants control chromatin dynamics during early embryogenesis. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 102, 5697-5702, 2005.
- Sachedina A.A.: *The Islamic World: Past and Present*. Oxford University Press, Oxford, 2004.
- Sari T., Frenzel L.P., Hescheler J.: Immunological barriers to embryonic stem cell-derived therapies. *Cells Tissues Organs* 188, 78-90, 2008.
- Shih C.C., Forman S.J., Chu P., Slovak M.: Human embryonic stem cells are prone to generate primitive, undifferentiated tumors in engrafted human fetal tissue in severe combined immunodeficient mice. *Stem Cells Dev.* 16, 893-902, 2007.
- Spits C., Mateizel I., Geens M., Mertzaniadou A., Staessen C., Vandeskelde Y., Van der Elst J., Libaers I., Sermon K.: Recurrent chromosomal abnormalities in human embryonic stem cells. *Nat. Biotechnol.* 26, 1361-1366, 2008.
- Schwartz S.D., Hubschman J.P., Heilwell G., Franco – Cardenas V., Pan C.K., Mickunas E., Gay R., Klimanskaya I., Lanza R.: Embryonic stem cell trials for macular degeneration: a preliminary report. *The Lancet* 379, 713 – 720, 2012.
- Stadtfield M., Nagaya M., Utikal J., Weir G., Hochedlinger K.: Induced pluripotent stem cells generated without viral integration. *Science* 322, 945-949, 2008.
- Strumpf D., Mao A.-C., Yamanaka Y., Ralston K., Chawengsaksophak K., Beck F., Rossant J.: Cdx2 is required for correct cell fate specification and differentiation of trophectoderm in the mouse blastocyst. *Development* 132, 2093-2102, 2005.

- Švecová M. a kol. Nové směry v biologických oborech a jejich speciálních didaktikách I., Karolinum 2005.
- Takahashi K., Yamanaka S.: Induction of pluripotent stem cell from mouse embryonic and adult fibroblast cultured by defined factors. *Cell* 126, 663-676, 2006.
- Takahashi K., Tanabe K., Ohnuki M., Narita M., Ichisaka T., Tomoda K., Yamanaka S.: Induction of pluripotent stem cells from adult human fibroblasts by defined factors. *Cell* 131, 861-872, 2007.
- Tamada H. Van Thuan N., Reed P., Nelson D., Katoku-Kikyo N., Wudel J., Wakayama T., Kikyo N.: Chromatin decondensation and nuclear reprogramming by nucleoplasmin. *Mol. Cell. Biol.* 26, 1259-1271, 2006.
- Tanaka E.M.: Cell differentiation and cell fate during urodele tail and limb regeneration. *Curr. Opin. Genet. Dev.* 13, 497-501, 2003.
- Tay Y., Zhang J., Thomson A.M., Lim B., Rigoutsos I.: MicroRNAs to Nanog, Oct4 and Sox2 coding regions modulate embryonic stem cells differentiation. *Nature* 455, 1124-1129, 2008.
- Thompson M.: Přehled etiky. Portál 2004
- Thomson J., Itskovitz-Eldor J., Shapiro S., Waknitz M., Swieriel J., Marshall V., Jones J.: Embryonic stem cell lines derived from human blastocyst. *Science* 282, 1145-1147, 1998.
- Tribe L.: Abortion: The clash of the absolutes. W.W. Norton & Company, New York, 1990.
- Vališová A.: Autorita ve výchově – vzestup, pád, nebo pomalý návrat. Karolinum, Praha, 1999.
- Vogel G.: Breakthrough of the year. Reprogramming cells. *Science* 322, 1766-1767, 2008.
- Wagers A.J., Sherwood R.I., Christensen J.L., Weissman I.L.: Little evidence for developmental plasticity of adult hematopoietic stem cell. *Science* 297, 2256-2259, 2002.

Wahrman M.Z.: Brave New Judaism: When Science and Scripture Collide. Braindes University Press, London, 2002.

Wang J., Rao S., Chu J., Shen X., Levasseur D.N., Theunissen T.W., Orkin S.H., A protein interaction network for pluripotency stem cells. *Nature* 444, 364-368, 2006.

Wernig M., Meissner A., Cassady J.P., Jaenisch R.: c-Myc is dispensable for direct reprogramming of mouse fibroblast. *Cell Stem Cell* 2, 10-12, 2008.

Whitehead G.C., Makino S., Lien C.L., Keating M.T.: fgf20 is essential for initiating zebrafish fin regeneration. *Science* 310, 1957-1960, 2005.

Wiblin A.E., Cui W., Clark A.J., Bickmore W.A.: Distinctive nuclear organization of centromeres and regions involved in pluripotency in human embryonic stem cells. *J. Cell Sci.* 118, 3861-3868, 2005.

Wilmut I., Schnieke A.E., McWhir J., Kind A.J., Campbell K.H.: Viable offspring derived from fetal and adult mammalian cells. *Nature* 385, 810-813, 1997.

Woodruff T.K.: Making eggs: Is it now or later? *Nature Medicine* 14, 1190 – 1191, 2008.

Xu J.S., Lee Y.L., Lee K.F., Kwok K.L., Lee M.W., Luk J.M., Yeung W.S. Embryotrophic factor-3 from human oviductal cells enhances proliferation, suppress apoptosis and stimulates the expression of the beta-1 subunit of sodium potassium ATPase in mouse embryos. *Hum. Reprod.* 19, 2919-2926.

Yu J., Vodyanik M.A., Smuga-Otto K., Antosiewicz-Bourget J., Frane J.L., Tian S., Nie J., Jonsdottir G.A., Ruotti V., Stewart R., Slukvin I.I., Thomson J.A.: Induced pluripotent stem cell lines derived from human somatic cells. *Science* 318, 1917-1720, 2007.

Takahashi K., Yamanaka S., *Cell* 126, 663-676, 2006

Zhou Q., Brown J., Kanarek A., Rajagopal J., Melton D.A.: In vivo reprogramming of adult pancreatic exocrine cells to beta-cells. *Nature* 455, 627-633, 2008.

Ziegler V., Modernizace výuky biologie a geologie. Univerzita Karlova v Praze- Pedagogická fakulta, 2000.

Zoloth L.: Jordan's Banks: A view from the first years of human embryonic stem cell research. MIT Press, Cambridge 223-241, 2001.

Zuckerman S.: The number of oocytes in the mature ovary. Recent Prog. Horm Res. 6. 63-108, 1951.